

Die Wasserversorgung der Stadt Wien

vor

Inangriffnahme des Pottschacher Wasserwerkes.

Vortrag, gehalten im österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereine
am 21. December 1878.

Von

Rudolf E. v. Gunesch,

behördlich autorisirter Civil-Ingenieur, Gemeinderath von Wien.

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 4.)

Quellen und Ergiebigkeit derselben. —
Das durch die Franz Josef-Hochquellenleitung nach Wien
geleitete Wasser kömmt von dem Kaiserbrunnen und von
der Stixensteinerquelle.

Der Kaiserbrunnen liegt in dem sogenannten grossen
Höllenthale am Fusse des Schneeberges.

Die Stixensteinerquelle liegt im Siedingthale an den
Ausläufern des Gansgebirges.

Beide Quellen sind durch solid gebaute steinerne
Wasserschlösser gefasst, aus welchen das Wasser sofort in
die Leitungscanäle fliesst, welche sich bei Ternitz vereinigen
und über Neustadt, Baden, Mödling u. s. w. bis zum Sam-
mel-Reservoir am Rosenhügel gehen.

Das Kaiserbrunnenwasser hat $4\frac{1}{2}$ bis 5° R. Tempe-
ratur und eine Härte von 7.3° .

Die Stixensteinerquelle hat $6-7^{\circ}$ Temperatur und
eine Härte von 12.9° *).

Beide Quellen sind Abflüsse der durch hohe Ge-
birgsstöcke successive durchsickernden atmosphärischen
Niederschläge; deshalb variirt auch deren Ergiebigkeit
nach den Jahreszeiten und nach der Menge der erfolgten
Niederschläge.

Im Hochsommer und nach starkem Regen fliessen
die Quellen am reichlichsten. Ihre Ergiebigkeit beträgt
rund per 24 Stunden bei 150.000^{kbn} , d. i. $2\frac{1}{2}$ Millionen
Eimer. Diesen vergangenen Sommer betrug das Maximum
des Zuflusses sogar 250.000^{kbn} , d. i. 4.4 Millionen Eimer **).

Bei Beginn des Winters sinkt der Reichthum der
Quellen.

Mit dem Eintritte des Frostes wird das Eindringen
der atmosphärischen Niederschläge in das Gebirge verhin-
dert, und werden die Quellen dann nur mehr aus dem im
Gebirge selbst vorhandenen Wasservorrath gespeist. Bei
allmäliger Erschöpfung dieses Vorrathes sinkt die Ergie-
bigkeit der Quellen, um ihr Minimum vor Eintritt des
ersten längeren Thauwetters, d. i. Ende Jänner, Mitte Februar
oft Anfang März zu erreichen.

*) Die Härte des Wassers wird nach dem Gehalt an Salzen
gemessen, welche Magnesia, Kalk oder Eisenoxyd zur Grundlage haben.

Ein Kalkgehalt, der $\frac{1}{100.000}$ vom Gewicht des Wassers beträgt,
wird als Maasseinheit angenommen und mit dem Härtegrad 1 bezeichnet.

Ein Wasser habe z. B. 10° Härte, so ist darunter verstanden,
dass es $\frac{10}{100.000}$ seines Gewichtes an Kalk, oder eine solche Menge an-
derer obiger Salze enthalte, welche der Wirkung nach diesem Kalk-
gehalte gleich sind.

**) 1 Eimer = 0.05659^{kbn} = 56.59 Liter = 1.792 Kubik-Fuss.
 1^{kbn} = 17.67 Eimer = 31.66 Kubik-Fuss.

Trockene Fröste vor Eintritt des permanent lie-
genden Schnee's sind sehr schädlich, da sie die Oberfläche
des Gebirges erhärten und das Eindringen des Schneewassers
in dasselbe verhindern.

Grosse Schneefälle vor Eintritt der Winterfröste
sind dagegen vortheilhaft.

Es wird nämlich der untere Theil, das ist der auf
dem Terrain aufliegende Theil der Schneeschichte durch
die im Gebirge vorhandene Erdwärme successive zum Schmel-
zen gebracht und dadurch der Wasservorrath im Gebirge
theilweise ergänzt.

Der geringste Zufluss beider Quellen betrug bis jetzt
 24.500^{kbn} oder 434.000 Eimer.

Die Sommerzuflüsse sind daher 8- bis 10mal grösser,
als die Winterzuflüsse.

Es betrug nun bisher der Wasserzufluss (siehe Zeich-
nungsblatt Nr. 4):

	kleinster	grösster
des Kaiserbrunnens . .	338.000 Eimer	2,900.000 Eimer
der Stixensteinerquelle	96.000 „	1,500.000 „
zusammen	434.000 Eimer	4,400.000 Eimer

Zuleitung. — Der Aquädukt oder richtiger die
Leitung, in welcher das Wasser zugeführt wird, besteht im
engen Höllenthale aus aneinander gereihten Stollen,
nachher aus einem gemauerten Gerinne, dessen Sohle
und Wände aus Stein, und dessen Gewölbe aus Ziegeln
oder Stein hergestellt sind; die Innenfläche ist mit einem
Cement-Ueberzug (Verputz) gedichtet.

Das Gerinne ist grundsätzlich in den Boden ver-
senkt und so hinreichend mit Erde überschüttet
(mindestens 0.70^m hoch), dass der Einfluss der Aussen-
Temperatur auf das darin fliessende Wasser, also ein Er-
wärmen oder Abkühlen desselben verhindert ist.

Die den Lauf des Gerinnes kreuzenden Thäler werden
mittels aus Ziegeln gemauerten Aquädukten
übersetzt.

Der Querschnitt des Gerinnes variirt nach dem Ge-
fälle, beträgt jedoch durchschnittlich:

beim Rosenhügel	3.0^m
bei Ternitz	1.7^m
hinter Ternitz in der Kaiserbrunnen-Leitung	1.6^m
im Stollen vor dem Kaiserbrunnen	2.6^m
hinter Ternitz in der Stixensteiner Leitung	0.9^m

Das Längenprofil der Zuleitung ist aus Tabelle Fig. 4
ersichtlich.

Die Erfahrung hat in den vergangenen Jahren ge-
zeigt, dass eine Wassermenge von 2.5 Mill. Eimer, d. i.
 141.500^{kbn} noch mit Sicherheit innerhalb 24 Stunden durch
den Aquädukt (Leitung) hereingeleitet werden kann, ohne
dass der Kämpfer des Gewölbes überronnen wird.

Für die innerhalb der Linien Wiens lebende Bevölkerung
von 730.000 Einwohner ist daher bei voller Ausnützung
des Aquädukt-Profiles und per 24 Stunden eine Wasserab-
gabe von 3.4 Eimer (193 Liter) per Kopf möglich.

Bei Einbeziehung der Vororte ist für die Gesamt-
bevölkerung von einer Million Einwohner per Kopf und
innerhalb 24 Stunden nur mehr 2.5 Eimer (141.5 Liter)
Wasser vorhanden.

Reservoirs. — Die Hochquellen-Wasserleitung besitzt gegenwärtig vier Reservoirs; dieselben haben die Aufgabe, die Ausgleichung ungleicher Zuflüsse zu vermitteln und eine constante Druckhöhe und constante Füllung in dem Rohrnetz zu erhalten.

Das Reservoir am Rosenhügel, das kleinste, nimmt das durch den Aquädukt zugeführte Wasser auf, und zertheilt es durch zwei Rohrstränge nach zwei Richtungen.

Ein Rohrstrang führt zum Schmelzer Reservoir, um von dort aus die auf dem linken Wienufer gelegenen Stadttheile zu speisen.

Der zweite Rohrstrang führt über das am Wienerberg gelegene, zu dem am Laaerberg situirten Reservoir, welche beide die auf dem rechten Wienufer und über dem Donau-canal gelegenen Stadttheile mit Wasser versorgen.

Diesen Zwecken entsprechend sind die Höhenlagen und Fassungsräume der Reservoirs gewählt worden.

Alle Reservoirs zusammen fassen 455.000 Eimer, d. i. 25.700^{kbm}, also einen Reservestand von 35 Liter, d. i. 0.65 Eimer per Kopf der Bevölkerung.

Bei Anlage der Wasserversorgung wurde das als nothwendig erachtete Wasserausmaass per Kopf der Bevölkerung und per 24 Stunden mit 0.6 Eimer, d. i. 34 Liter angenommen.

Unter der Voraussicht, dass dieses Ausmaass richtig wäre, was jedoch — wie dies später nachgewiesen werden wird — nicht der Fall ist, würden die Reservoirs einen eintägigen Wasserbedarf enthalten.

Rohrnetz. — Von den Reservoirs gehen nun die Hauptrohrstränge theils durch die Josefstädter, Mariahilfer und Ringstrasse, theils durch die Matzleinsdorfer, theils durch die Landstrasse, Rasumofski- und Augartenallee-Strasse fort, von ihrem Eintritte in die Stadt aus sich nach allen Seiten verzweigend und verästend.

Wasserabgabe. — Die Commune Wien steht bezüglich der Wasserabgabe noch immer auf dem durch polizeilich sanitäre Rücksichten gegebenen Standpunkte. Nach demselben ist die Einführung von gutem Wasser, also des Hochquellenwassers, als eine für die Erhaltung der menschlichen Gesundheit unerlässliche Massregel betrachtet.

Auch wurde der Bezug eines gewissen Wasserausmaasses per Kopf der Bevölkerung als nothwendig, aber auch als genügend erkannt. — Für dieses normale Ausmaass wurde ein sehr mässiger Preis, fl. 1 per Eimer (56.6 Liter), festgesetzt. — Ueber dieses Normale hinaus ist der Wasserbezug, als durch das sanitäre Interesse nicht mehr bedingt erachtet, wesentlich theurer. Auch ist er mit mehrfachen Unannehmlichkeiten verbunden.

Modalitäten der Abgabe. — Die Wasserabgabe selbst erfolgt nach zwei Modalitäten:

a) für den normalen Hausbedarf und

b) für den aussergewöhnlichen und industriellen Bedarf.

ad a): Jeder Hauseigenthümer, der nicht gutes Wasser in hinreichender Menge in seinem Hausbrunnen hat, ist aus sanitätspolizeilichen Gründen zur Einleitung des Hochquellenwassers für den normalen Hausbedarf, d. i. der Be-

darf zum Trinken und für die Haushaltungen, verpflichtet worden, und ist auch heute noch hiezu verpflichtet.

Dieses Hausbedarfswasser wird nur an den Hauseigenthümer abgegeben. Die Quantität des Bezuges wird nach dem Grundsatz bemessen, dass in Haushaltungen die Verwendung von 0.6 Eimer, d. i. 34 Liter Wasser per 24 Stunden und per Einwohner nothwendig, aber auch hinreichend ist.

Für diesen Bedarf, welcher übrigens per Haus unter allen Umständen mit 10 Eimer täglich bemessen wird, ist nun per Eimer täglichen Bezuges der Preis von fl. 1 per Jahr festgesetzt worden.

Eine zehnprocentige Ueberschreitung dieses Bedarfes wird jedoch nicht in Rechnung genommen.

ad b): Für den aussergewöhnlichen Bedarf, d. i. über 0.6 Eimer per Tag und Kopf hinaus und für den industriellen und gewerblichen Bedarf wird das Wasser nach Massgabe der Zulässigkeit abgegeben. Hiefür ist der doppelte Preis, nämlich fl. 2 per Eimer zu zahlen.

ad a) und b): Im Falle eines Mehrverbrauches über den angemeldeten und wie immer benannten Bedarf, ist per Eimer die Gebühr von einem Kreuzer zu entrichten. Ein Eimer Mehrverbrauch kostet daher per Jahr fl. 3.60, also den 3.6fachen Betrag des Hausbedarfswassers.

Zur Deckung der Betriebskosten der Wasserleitung wird per Eimer angemeldeten Wassers der Betrag von 20 Kreuzer eingehoben.

Selbst bei nachgewiesenem Minderverbrauch tritt keine Reduction der vorgeschriebenen Gebühren ein.

Wassermesser. — Die Abgabe des Wassers nach Quantität bedingt, wenn von der Anlage von Reservoirs in den Dachböden der Häuser abgegangen wird, was wegen der Frische des Wassers nothwendig ist, die Anwendung von Wassermessern.

Die Commune hat daher bei Fortschreiten der Wasserabgabe getrachtet, allmählig die hiezu nothwendigen Wassermesser anzuschaffen; sie besitzt deren heute 7216 Stück, welche fl. 291.000 gekostet haben. Zu Ende Juni dieses Jahres waren 6600 Stück in den Häusern eingebaut.

Diese Wassermesser sind von verschiedener Construction. Die Commune war bestrebt, stets die besten Systeme anzuschaffen; die Mechaniker trachteten hingegen, bei Neuanschaffungen ihre jüngst verbesserten Apparate zur Anwendung zu bringen.

Die Commune besitzt jetzt im Wesentlichen fünf Gattungen Wassermesser, welche von der Firma Leopolder, zuerst nach dem System Everett und dann nach eigenem System, und von der Firma Spanner nach dem Faller'schen System angefertigt worden sind.

Die Wassermesser werden über Veranlassung und unter Controle der Commune in die von dem Strassenrohr in das Haus eingeführte Rohrleitung, die sogenannte Hausabzweigung, in den Keller des Hauses eingebaut, versiegelt und behufs Zahlung der Wassergebühren vierteljährig abgelesen, und auch ausserdem einer entsprechenden Controle durch Stichproben-Ablesungen unterworfen.

Die Wassermesser werden auf Kosten der Commune beige stellt.

Für die Benützung derselben wird jedoch den Hauseigenthümern eine nach der Grösse der Messer bemessene Gebühr, von 5 fl. an aufsteigend, per Jahr angerechnet.

Einleitung des Wassers in die Häuser. — Die Anbohrungen der Strassenleitungen und die Hausabzweigungen bis zum Wassermesser werden durch die Commune auf Kosten der Hausbesitzer ausgeführt.

Die Verzweigungen im Innern der Häuser dagegen sind von den Hauseigenthümern durch zu den Wasserleitungsanlagen berechnigte Gewerbsbesitzer nach den diesfälligen Instructionen auszuführen.

Die Hausleitungsrohre sind ebenso wie die im Freien angebrachten Ausläufe vor dem Frost zu schützen.

An den tiefsten Puncten der Hausleitungen sind Entleerungs-Vorrichtungen zur Reinigung der Leitungen anzubringen.

Bei allen Abzweigungen und bei den Ausläufen in die Muscheln sind Absperrhähne einzusetzen.

Alle Auslaufpuncte, wo Wasser entnommen wird, sind ausserdem zur Schonung der Leitungen, um Rückschläge des Wassers zu vermeiden, mit Niederschraubhähnen zu versehen.

Zur Erhaltung einer guten Qualität des Wassers ist am höchsten Auslaufpuncte des aufsteigenden Hausrohres ein dünner continuirlicher Wasserstrahl gestattet, der entweder in ein Reservoir oder in eine Auslaufmuschel ausfliessen muss.

Dieser Wasserstrahl muss durch einen eigens construirten Niederschraubhahn zu schliessen sein.

Die Existenz dieser Ausläufe bietet jedoch eine grosse Gefahr zur Wasservergeudung.

Es beträgt nämlich, wenn dieser oberste Strahl nur so dünn, wie ein halber Strohalm fliesst, und der Ausfluss ohne Ueberdruck stattfinden würde, die binnen 24 Stunden ausfliessende Wassermenge circa 1000 Liter, d. i. 17 Eimer*).

Nachdem gegenwärtig das Hochquellenwasser in 8000 Häuser eingeleitet worden ist, so würden, wenn in jedem Hause dieser oberste Strahl fliesen würde, innerhalb 24 Stunden 8000×17 , d. i. 136.000 Eimer ausfliessen.

Obgleich nun dieser oberste Strahl nicht in allen Häusern läuft, bei vielen nur tropft, so mag doch seine Existenz viel zum thatsächlichen Mehrverbrauch an Wasser beitragen, dem nur durch Cassirung dieser Ausläufe abgeholfen werden könnte.

Baukosten. — Der Kaiserbrunnen ist ein Geschenk Sr. Majestät des Kaisers Franz Josef an die Stadt Wien.

Die Stixensteinquelle ist dagegen Geschenk des Grafen Ernst Hoyos.

*) Bei einer Ausflussöffnung für nur 9 bis 17 Eimer per 24 Stunden verlegt sich meist der Ausfluss.

Ein Abfluss unter 9 Eimer per 24 Stunden kommt nicht mehr als Strahl, sondern nur als Abtropfen vor.

Die Baukosten setzen sich bis Ende Juni 1878 folgendermassen zusammen.

I. Zuleitung von den Quellen bis zum Reservoir, 95.31^{km} lang.

Administrationskosten . . .	fl.	555.600	
Grundeinlösung	"	1,446.700	
Eigentliche Baukosten . . .	"	10,649.900	
	fl.	12,652.200	fl. 12,652.200.

II. Reservoirs, Rohrnetz.

Administrationskosten . . .	fl.	480.000	
Grundeinlösung	"	201.800	
Baukosten des Reservoirs . .	"	1,086.100	
Flussübersetzungen	"	119.700	
Rohrstränge ausserhalb der			
Linien 28.750 ^m	"	2,564.500	
Rohrstränge innerhalb der			
Linien 194.800 ^m	"	3,692.600	
Wassermesser 7212 Stück . .	"	284.500	
	fl.	8,429.200	fl. 8,429.200
			zusammen fl. 21,081.400.

Die Verzinsung und Amortisation dieses Betrages kostet der Commune Wien circa 6%, also fl. 1,260.000 jährlich.

Ausserdem wurde bis Juni 1878 von der Commune für die Herstellung der Hausabzweigungen und Einschaltung der Wassermesser für Rechnung der Hauseigenthümer ausgegeben der Betrag von fl. 942.000.

Der Betrag, den die Hauseigenthümer für die Herstellung der Hausleitungen ausgegeben haben, ist nicht bekannt, kann aber schätzungsweise mit 2 bis 2½ Millionen Gulden angenommen werden.

Betriebs-Rechnung. — Die Betriebseinnahmen, obgleich seit 1874 stetig aufsteigend, sind noch immer so gering, dass mit Rücksicht auf die nicht unwesentlichen Betriebsausgaben der Nettoertrag zur Deckung der Zinsen des aufgewendeten Baucapitals noch lange nicht ausreicht.

Es betrug:

	Betriebseinnahme	Betriebsausgabe	Netto-Ertrag
1874 fl.	125.000	fl. 82.000	fl. 42.000
1875 "	255.000	" 116.000	" 139.000
1876 "	536.000	" 135.000	" 401.000
1877 "	867.000	" 151.000	" 716.000

Die Einnahme per 1877 enthält den bloß rechnerisch durchgeführten Betrag von fl. 181.000 für zu städtischen Zwecken, als Bespritzung der Strassen und Gärten benütztes Wasser.

Ein Entgegenhalten der auf der Wasserversorgung lastenden Zinsen und Amortisationsbeträge von fl. 1,260.000 und des Nettoertragnisses von fl. 716.000 zeigt im Jahre 1877 noch einen Abgang von . fl. 544.000 womit das Budget der Stadt Wien belastet ist.

Das Ertragniss von fl. 716.000 entspricht einem Zinsfusse von 3.4% für das bisher investirte Capital von 21.1 Millionen Gulden.

Administration. — Für die Verwaltung der städtischen Wasserleitungen, einschliesslich der Agenden für

öffentliche und Privatbrunnen, besteht ein eigenes Magistrats-Departement als Central-Bureau, wo die sämtlichen einschlägigen Geschäftsstücke einlangen, um daselbst entweder selbständig erledigt oder nach Vornahme der erforderlichen Erhebungen, mit den Anträgen versehen, dem Gemeinderathe zur Schlussfassung vorgelegt zu werden.

Als technisches Hilfsamt fungirt eine Dienstabtheilung der städtischen Bauamtes.

Die Buchhaltungs- und Control-Geschäfte werden durch eine Abtheilung der städtischen Buchhaltung geführt.

Für den Betrieb der Hochquellen-Wasserleitung war der Personalstand und dafür auflaufende Kostenaufwand pro 1877 wie folgt:

Magistrat:

1 Magistratsrath, 1 Secretär, 1 Concipist . . . fl. 9.100
Buchhaltung:

1 Rechnungsrath, 4 Rechnungsofficiale, 12 Aus-
helfsbeamte . . . „ 16.300

Bauamt. — Für den Aquädukt:

1 Ingenieur, 2 Ingenieur-Adjuncten
Bauamt. — Für das Rohrnetz und
die Reservoirs:

1 Ingenieur, 2 Ingenieur-Assistenten, 3 Strecken-
Ingenieure . . . „ 18.000

Wasserleitungs-Inspectorat und
Wassermesser-Probir-Station:

1 Wasserleitungs-Inspector, 1 Probir-Station-
Leiter, 12 Revisoren, 4 Hilfsbeamte . . . „ 8.700
Aufseher und Tagelöhner bei dem
Aquädukt I:

12 Aufseher . . . „ 7.400
Aufseher und Tagelöhner bei dem
Rohrnetz und den Reservoirs:

1 Oberaufseher, 4 Reserve-Aufseher, 11 Strecken-
Aufseher I. Classe, 11 Strecken-Aufseher
II. Classe, 21 Tagelöhner . . . „ 31.000
fl. 90.500

rechnet man hiezu die Auslagen für Reinigung
und Instandhaltung der Wassermesser . . . fl. 9.000
Erhaltung und Reparatur des Rohrnetzes . . . „ 50.500
fl. 59.500

so erhält man die Gesamtkosten für den Betrieb mit „ 151.000

Der mittlere Verbrauch an Wasser (Sommer 720.000
Eimer, im Winter 550.000 Eimer) beträgt 635.000 Eimer
und entfielen daher per Eimer $\frac{151000}{635000} = 23.8$ Kreuzer Be-

triebsspesen; ohne Rücksicht auf die fl. 50.500 betragenden
Erhaltungskosten, aber per Eimer $\frac{99500}{635000} = 15.5$ Kreuzer
Betriebsspesen.

Thatsächlich berechnet dagegen die Commune per
Eimer 20 Kreuzer Betriebsspesen.

In dem Magistrats-Departement wurden 1878 5818
protokollirte Geschäftsstücke behandelt, ausserdem nahezu
2200 die Wasservergeudung betreffende Agenden erledigt.

Wasserabgabe und hiefür einlaufende Jahres-
gebühren. — Wien besitzt 12.136 Häuser mit 730.000
Einwohner. Bis Ende Juni 1878 wurde das Wasser ein-

geleitet in 8207 Häuser mit 574.000 Einwohner, also in
65% der Häuser, enthaltend 79% der Einwohner.

Die übrigen 3900 Häuser mit 156.000 Einwohner
decken ihren Bedarf an Wasser durch die bestehenden
Auslaufbrunnen oder durch ihre Hausbrunnen.

Uebersicht der Wasserabgabe und Jahresgebühren.

Im Winter:

Normaler Bedarf	Eimer	Wasser- gebühr fl.	Betriebs- kosten fl.	Zusammen fl.
a) 1 fl. Wasserpreis und 20 kr. Betriebskosten	316.000	316.000	63.000	379.000
b) nur gegen 20 kr. Be- triebskosten	55.000	—	11.000	11.000
Bedarf für ausserge- wöhnliche und indu- strielle Zwecke	40.000	80.000	8.000	88.000
Oeffentliche Brunnen .	112.000	112.000	22.000	134.000
Vororte	26.000	44.000	4.000	48.000
	<u>549.000</u>	<u>552.000</u>	<u>108.000</u>	<u>660.000</u>

Im Sommer:

wie oben	549.000	552.000	108.000	660.000
Aussergewöhnlicher pe- riodischer Bedarf .	29.000	29.000	3.000	32.000
Gärten, Strassen und Pissoirs	140.000	70.000	14.000	84.000
	<u>718.000</u>	<u>651.000</u>	<u>125.000</u>	<u>776.000</u>
hiez die Wassermesser-Rente				45.000
also rund	720.000	650.000	125.000	820.000

Angemeldeter Wasserbedarf. — Der ange-
meldete Wasserbedarf beträgt für 574.000 Einwohner in
8200 Häusern: im Winter 550.000 Eimer, im Sommer
720.000 Eimer.

Er wird betragen für 730.000 Einwohner der sämt-
lichen 12.100 Häuser im Winter 700.000 Eimer, im Sommer
900.000 Eimer.

Nach Einbeziehung der Vororte in die Wasserversor-
gung, eine Massregel, die aus vielfachen zwingenden Grün-
nicht mehr hintangehalten werden kann, wird die gesammte
mit Wasser zu versorgende Bevölkerung 1.000.000 Seelen
betragen.

Für diese 1.000.000 Menschen wird dann benöthigt
werden: im Winter 1.000.000 Eimer (56.590^{kbm}) im Sommer
1.250.000 Eimer (70.700^{kbm}) als angemeldeter Wasserbedarf.

Es entspricht dieser Bedarf einem Ausmaass im Winter
von 1 Eimer (56 Liter), im Sommer von $\frac{1}{4}$ Eimer (70 Liter)
per Kopf der Bevölkerung.

Dabei wird mit grösster Sparsamkeit vorgegangen und
sind nur in wenigen Häusern Closets mit constanter Wasser-
spülung vorhanden.

In der Buchhaltung wurden von 1874 bis inclusive
1878 nur allein für Abzweigungsleitungen 8186
und für Wassermesser-Einschaltungen . . . 5550
zusammen daher 13.736 Stück
Rechnungen ausgeführt und den Parteien zugestellt.

Separat hievon geht die laufende Gebarung für die
schon fertigen 8000 Abzweigungen in die Häuser.

Schwankungen des Wasserzuflusses. — Die
Wiener Hochquellenleitung hat, da sie nur von Quellen ge-

speist wird, im hohen Grade die Eigenschaften einer intermittirenden, d. h. einer mit veränderlichem Zufluss behafteten Leitung.

Allerdings folgt aus den, seit dem Jahre 1873 über den Wasserzufluss gemachten Beobachtungen, dass der Zufluss im Sommer im Allgemeinen um circa eine Million Eimer grösser ist als im Winter.

Die Voraussetzung, dass der Wasserzufluss unter allen Umständen eine Million Eimer per Tag betragen würde, hat sich dagegen als unrichtig erwiesen.

In jedem der vergangenen Jahre ist der Zufluss eine Reihe von Monaten hindurch unter eine Million Eimer per Tag gesunken. Ja, er fiel in den Jahren 1874, 1875, 1877 und 1878 sogar unter eine halbe Million, und erreichte in diesen Jahren die Minima von 442.000, 449.000, 450.000 und 472.000 Eimer.

Der theoretische oder angemeldete Wasserbedarf von 550.000 Eimer im Winter war also durch den täglichen Zufluss nicht gedeckt.

Zur Deckung des Abganges musste die Kaiser Ferdinands-Wasserleitung für die anstossenden Bezirke, IX., II. und I., in Anspruch genommen werden, und zum Trinken das Hochquellenwasser in Fässern zugeführt werden.

Begreiflicher Weise fanden diese Massregeln in der Bevölkerung lebhaftes Widerstreben.

Diese durch den geringen Zufluss hervorgerufene Situation wurde durch mehrfache Umstände noch verschlimmert.

Die nur mit einer Fassung von 450.000 Eimer angelegten Reservoirs wurden nämlich, da sie zu klein waren, in kurzer Zeit geleert, und erfüllten daher nicht hinreichend ihre Aufgabe, Ausgleich für Zeiträume mit geringem Wasserzufluss zu sein.

Der ziemlich rasch erfolgten Einführung der Leitungen in die Wohngebäude (im Jahre 1876 3000 Häuser, 1877 1000 Häuser) konnte die Anschaffung und der Einbau der Wassermesser nicht folgen. Eine grosse Anzahl Häuser blieb ohne Wassermesser und war in diesen Häusern der Wasserverbrauch ohne hinreichende Controle.

Aus diesem Grunde, zum grossen Theile jedoch durch andere Motive veranlasst, überschritt der thatsächliche Consum weitaus den theoretischen oder angemeldeten Wasserbedarf.

So überschritt z. B. am 16. Februar 1876 der Tages-Consum den angemeldeten Bedarf um 260.000 Eimer, am 8. November 1876 sogar um 307.000 Eimer, d. i. circa 60% des damals angemeldeten Bedarfes.

Obleich von Seite des Stadtbauamts-Ingenieurs Herrn Jahn, welchem die Leitung des Betriebes obliegt, die grössten Anstrengungen zur Einschränkung dieses Mehrverbrauches gemacht worden sind, so betrug dieser Mehrverbrauch zu Anfang November 1877 bei einem Consum von 580.000 Eimer und einem angemeldeten Bedarf von . . . 510.000 „ noch immer. 70.000 Eimer (4100^{kbm}) per 24 Stunden, d. i. 14% des theoretischen oder angemeldeten Bedarfes.

Da damals, in Folge eines an die Bevölkerung ergangenen Aufrufes, in vielen Häusern nachweisbar ein geringerer Consum stattfand als angemeldet war, so muss unter normalen Verhältnissen dieser Mehrverbrauch mit 20 bis 25% des theoretischen Bedarfes angenommen werden, oder mit anderen Worten, der Consum mit $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{4}$ höher als der angemeldete oder theoretische Wasserbedarf angenommen werden.

Anstatt des gegenwärtig angemeldeten Winterbedarfes von 550.000 Eimer muss daher thatsächlich ein Consum von 660.000 bis 700.000 Eimer per 24 Stunden gedeckt werden.

Nachdem erst 574.000 Einwohner mit Hochquellenwasser in den Häusern versorgt sind, entspricht dieser Consum einem Wasserausmaasse von 1:20 Eimer, d. i. 68 Liter per Kopf und 24 Stunden, also gerade den doppelten Betrag des ursprünglich mit 0.6 Eimer per Kopf festgesetzten und als genügend erachteten Wasserausmaasses.

Die Erfahrungen der nächsten Jahre werden übrigens beweisen, dass auch mit diesem Ausmaasse eine rationelle und den sanitären Interessen entsprechende Wasserversorgung nicht möglich ist.

Aus anliegender graphischer Darstellung ist nun ersichtlich, dass:

im Jahre 1874 durch circa 3 Monate,

„ „ 1875 „ „ 2 $\frac{1}{2}$ „

„ „ 1877 „ „ 4 „

„ „ 1878 „ „ 2 „

der Wasserzufluss die Consumziffer von 700.000 Eimer nicht erreicht hat.

Situation der Wasserversorgung 1877. — Die schwierige Situation der Wasserversorgung der Stadt Wien war demnach einerseits durch die bedeutende Abnahme des Wasserzuflusses im Winter, anderseits durch das ursprünglich zu gering bemessene Wasserausmaass per Kopf der Bevölkerung gekennzeichnet.

Massregeln zur Behebung der Missstände. — Dieser Situation kann nur durch Vergrösserung des Wasserzuflusses in der Winterszeit und durch Sparsamkeit in der Verwendung des vorhandenen Wassers abgeholfen werden.

In der That ist auch der Gemeinderath bemüht, in diesen beiden Richtungen die Wasserversorgung zu vervollkommen.

Massregeln zur Sparsamkeit. — Zur Erreichung grösserer Sparsamkeit im Wasserverbrauch wurde nun:

1. das Wasserbezugs-Inspectorat in's Leben gerufen,
2. die Wassermesser-Probirstation erbaut,
3. eine Preisausschreibung für selbstschliessende Haus- und Strassenhähne veranlasst,
4. eine Verschärfung in den Wasserabgabs-Bedingungen eingeführt, und endlich
5. an die Vergrösserung der ausserhalb Wiens gelegenen Wasser-Reservoirs geschritten.

Das Wasserbezugs-Inspectorat. — Das aus einem Inspector und zwölf Revisoren bestehende Wasserbezugs-Inspectorat hat die Aufgabe, den Wasserbezug zu controliren und die Wasserverschwendung seitens der Abnehmer zu verhindern.

Es hat zu diesem Zwecke die in den Häusern eingebauten Wasserleitungen zu beaufsichtigen, die Wassermesser zu controliren, die vierteljährigen Ablesungen an denselben vorzunehmen, und Missbräuchen beim Wasserbezug abzuwehren. Der Einbau neuer oder die Auswechslung schon vorhanden gewesener Wassermesser erfolgte ebenfalls unter Intervention der Revisoren des Inspectorates.

Zur Durchführung dieser Aufgabe wurde das Stadtgebiet unter Zweitheilung des ersten Bezirkes und Festhaltung der Grenzen der politischen Bezirke in elf Bezirke getheilt und jedem Revisor ein Bezirk zugewiesen, welche wieder in Rayons getheilt worden sind.

Die Ablesungen der Wassermesser, welche jedesmal circa drei Wochen dauern, finden im Jänner, April, Juli und October statt.

Es zeigte sich im Jahre 1877 nachfolgendes Resultat:

Ablesung	Abgelesene Wassermesser	Anzahl der Häuser mit Mehrverbrauch	Mehrverbrauch in Eimern	Hiefür auflaufende Gebühr	Täglicher Mehrverbrauch in Eimern
I.	4670	324	1,400.000	fl. 14.000	15.700
II.	4805	452	1,800.000	" 18.000	22.300
III.	4800	566	2,300.000	" 23.000	25.900
IV.	5600	411	1,200.000	" 26.000	13.900
	19575	1753	6,700.000	fl. 81.000	

Nach Durchführung der vierteljährigen Ablesungen hat das Wasserbezugs-Inspectorat über den Mehrverbrauch und die Ursachen desselben Bericht zu erstatten.

Desgleichen hat es vierteljährig Bericht über die abgelesenen und beanständeten Wassermesser zu erstatten.

Zur Evidenzhaltung der Wassermesser ist für jede Gattung derselben ein Journal angelegt, aus welchem genau die Art ihrer Einschaltung, ihre Functionsdauer, die Ursachen der erfolgten Auswechslung etc. zu ersehen sind.

Ausserdem wird behufs Inevidenzhaltung des ganzen Wasserbezuges ein Strassen- und Hauskataster geführt, in welchem für jedes Haus der angemeldete Wasserbezug und die Gattung des Wassermessers u. s. w. eingetragen sind.

Endlich wird auch noch ein Grundbuch geführt, in welchem für jedes Haus die Leitung beschrieben, die Wassermesserstände, der Verbrauch und etwaiger Mehrverbrauch und die Einschaltungen der Wassermesser eingetragen werden.

Wassermesser-Probirstation. — Zur Erprobung der Wassermesser gelegentlich der Neuanschaffung, also Uebernahme von den Lieferanten, sowie auch zu ihrer weiteren Erprobung im Falle ihrer Beanständung durch die Parteien oder im Falle ihrer Beanständung durch die Revisoren des Wasserbezugs-Inspectorates, wurde in der Central-Markthalle im Juli 1877 eine Versuchsstation errichtet, in welcher es möglich ist, 32 Wassermesser gleichzeitig und unter den verschiedensten Druckverhältnissen zu erproben.

Durch diese Versuchsstation ist die Commune in der Lage, sämtliche Wassermesser vor ihrem Einbau sorgfältig erproben zu können, und auch sehr strenge Bedingungen bei den Neuanschaffungen der Wassermesser zu stellen.

Diesem Umstande ist es gewiss auch zuzuschreiben, dass die Fabrication der Wassermesser hier so ausserordentliche Fortschritte gemacht hat und die Fabricate der Herren Leopolder und Faller-Spanner zu den besten gehören, die existiren.

Auf unserer Probirstation haben wenigstens bis jetzt die ausländischen Messer sich den hiesigen nicht ebenbürtig erwiesen und die vorgeschriebenen Proben nicht ausgehalten.

So hat der Wassermangel Veranlassung zur Ausbildung eines Kunstproductes gegeben, nach welchem bei hinreichendem Wasser gar nicht gefragt worden wäre.

Leistung der Probirstation. — Wassermesserproben:

Vom 11. Juli bis 31. December 1877 . . .	2226 Stück
Vom 1. Jänner bis 17. December 1878 . . .	3978 " "
	<u>6204 Stück</u>

davon 2000 Uebernahmeproben und 4204 Proben reconstruierter und gereinigter älterer Wassermesser.

Für die Dauer der Benützung der Wassermesser ist noch keine Norm bestimmt. Die Auswechslungen finden jetzt erst in Folge von Anständen statt.

Es gibt übrigens Wassermesser, die seit zwei bis drei Jahren ohne Reinigung anstandslos functioniren.

Seit Errichtung dieser Station besitzt nun die Commune stets hinreichenden Vorrath an geprüften Wassermessern, um die in den Häusern beanständeten Wassermesser binnen 24 Stunden auswechseln zu können.

Obgleich nun die Bedingnisse für die Uebernahme der Wassermesser ausserordentlich strenge sind — es müssen z. B. die halbzölligen (13^{mm})

bei 5 Atmosphären Druck und vollem Ausfluss,

" 5 " " " 1/2" (1^{mm}) starken Ausfluss und bei 1/2 Atmosphäre und vollem Ausfluss,

" 1/2 " " " 1" (2^{mm}) starken Ausfluss bis auf 2 Percent des Durchfluss-Quantums richtig zeigen und thatsächlich auch diesen Bedingungen vollkommen entsprechen — so zeigt nach den Mittheilungen des Herrn Wasserbezugs-Inspectors Harbich doch andererseits kein halbzölliger Wassermesser, wenn er schon längere Zeit geht, einen continuirlichen feinen Strahl an, der unter 25 Eimer (14 Hektoliter) per 24 Stunden beträgt.

Es kann also per Haus ein Wasserquantum von 25 Eimer entzogen werden, wenn der Auslaufstrahl entsprechend fein und geschickt angeordnet wird, und könnten daher in allen 8000 Häusern auf diese Weise täglich 8000 × 25, d. i. 200.000 Eimer (11.300^{kbm}) consumirt werden, ohne dass die Wassermesser dies anzeigen. So lange also der oberste permanent fliessende Strahl, welcher behufs Erhaltung einer guten Qualität des Wassers noch geduldet ist, so fein gestellt bleibt, dass seine Ergiebigkeit unter 25 Eimer per 24 Stunden bleibt, kann dadurch ein ansehnlicher Wasserverbrauch veranlasst werden, ohne dass derselbe durch die Wassermesser angezeigt wird.

Dieser Wasserverbrauch kann nur durch die directen Messungen an den Reservoirs zum Ausdrucke kommen.

Preis ausschreibung für selbstschliessende Auslaufhähne. — Bei den Ausläufen auf den Strassen

sowie in den Häusern findet thatsächlich Wasservergeudung statt.

Bekanntlich schliessen die Parteien im Sommer die Hähne der Hausleitungen nicht ganz ab, sondern lassen das Wasser, um es stets frisch zu erhalten, in einem feinen Strahle auslaufen.

Im Winter thun sie dasselbe, um das Einfrieren der Hähne und Einfrieren des Wassers in den Leitungen zu verhindern.

Bei 8000 Häusern mit circa 40.000 Hähnen würde, wenn alle Hähne offen stehen, dadurch ein Verlust von täglich 9,400.000 Liter = 360.000 Eimer möglich sein*).

Aus demselben Grunde hat man auch bei den Auslaufbrunnen bis jetzt einen continuirlichen Wasserstrahl laufen lassen, wodurch eine bedeutende Wasservergeudung eintritt, welche im Winter von Bedeutung ist.

Ein Auslaufbrunnen gibt im Sommer 500—600 Eimer, im Winter 100—200 Eimer; inclusive der 25 Bassin-Ausläufe geben die 250 Ausläufe daher täglich circa 112.000 Eimer.

Der Gemeinderath hat nun eine Preis-Concurrenz für die Erfindung oder Verbesserung von Selbstabschluss-Ventilen veranstaltet, wonach das beste Ventil für Strassenbrunnen mit 300 fl., das beste für Hausbrunnen mit 600 fl. prämiirt wird.

Es sind in Folge dessen bisher 118 Selbstabschluss-Ventile eingelangt.

Nach den Resulten der mit grosser Gewissenhaftigkeit veranstalteten Proben der eingesandten Selbstabschluss-Ventile, worunter ganz vorzügliche Exemplare sind, ist wohl anzunehmen, dass hiedurch das Mittel gefunden wird, der bisher in den Strassen und Häusern thatsächlich existirenden Wasservergeudung zu steuern.

Verschärfung der Bedingnisse für die Wasserabgabe. — Um aber auch die Bevölkerung an der Wasser-Ersparniss directe zu betheiligen, hat der Gemeinderath zu Anfang dieses Jahres beschlossen, dass:

für die Monate November bis inclusive März die 10%ige Ueberschreitung beim angemeldeten normalen Wasserbedarf nicht ausser Rechnung gelassen wird, und

dass für den normalen, sowie für den aussergewöhnlichen und für den Bedarf zu industriellen und gewerblichen Zwecken der Wasserverbrauch über das angemeldete Quantum mit drei Kreuzer per Eimer, also mit dem elffachen Preise des Wassers zu normalem Bedarf, bezahlt werden muss, endlich

dass dort, wo eine Vergeudung des Wassers constatirt wurde, die Absperrung der Stockwerkleitungen und Zuleitungen zu den Pissoirs, Aborten und Waschküchen, eventuell unter Anwendung der gesetzlichen Zwangsmittel, vorzunehmen sei und die Wasserläufe zu Ebener Erde so weit zurückzustellen seien, dass das angemeldete Quantum nur mit verdünntem Strahl zum Ausflusse gelange und schliesslich

dass der Wasserbezug für den aussergewöhnlichen Bedarf, wenn es die Verhältnisse erheischen, zu jeder Zeit eingestellt werde.

*) Siehe Anmerkung auf Seite 23.

Vergrösserung der Reservoirs. — Endlich hat der Gemeinderath in diesem Jahre eine ausreichende Vergrösserung der Reservoirs vornehmen lassen.

Ihr gegenwärtiger Rauminhalt beträgt 455.000 Eimer (25.700^{kbm}).

Für einen täglichen Wasserbedarf von 600.000 bis 700.000 Eimer ist dies erfahrungsgemäss eine viel zu kleine Reserve.

Die Reservoirs leerten sich begreiflicherweise in wenigen Tagen. Da ihre Fassung nur den 8- bis 10stündigen Sommerbedarf, oder den 18stündigen Winterbedarf enthält, so ist bei dem gegenwärtigen Consum auch die Vornahme von Reparaturen in der Aquädukt-Leitung, insbesondere an dem Cementüberzug der in den Thalübersetzungen liegenden Canalinne ganz unmöglich.

Daher die nassen Stellen bei mehreren Aquädukten: Liesing, Speising etc.

Der vergrösserte Reservoirstand und Kostenaufwand ergibt sich nun wie nachfolgend:

Reservoirs						
	alte		vergrösserte		Vom Reservoir zu speisende Bevölkerung	Reservirtes Wasser per Kopf der Bevölkerung in Eimern
	Fassung in Eimern	Kosten in Gulden	Fassung in Eimern	Kosten der Vergrösserung in Gulden		
Rosenhügel.	40000	218800	542700	415000	42000	12·92
Schmelz....	131000	290200	657200	377000	350000	1·88
Wienerberg.	86000	263800	310000	180000	140000	2·21
Laaerberg ..	198000	251200	198000	—	194000	1·02
	455000	1024000	1708000	972000	726000	—

Die Fassung wird also von 25.700^{kbm} (455.000 Eimer) auf 96.700^{kbm} (1,708.000 Eimer), also auf einen 2 $\frac{1}{2}$ tägigen Winter-Consum, oder auf einen 1 $\frac{1}{2}$ tägigen Sommer-Consum vergrössert.

Der Bau ist dieses Frühjahr begonnen worden, und wird im Laufe des künftigen Sommers beendet werden.

Die Baukosten betragen ungefähr 1 Million Gulden, also per 1 Eimer Reservoir circa fl. 0·80.

Die alten Reservoirs kosteten seiner Zeit für 455.000 Eimer fl. 1,024.000, also per 1 Eimer circa fl. 2·38.

Das günstige ökonomische Resultat ist theils durch die allgemeine Preisreduction der letzten Jahre, theils auch dadurch begründet, dass die Vergrösserungen, welche unter der Leitung des Herrn Ober-Ingenieurs Mihatsch erfolgten, sehr ökonomisch projectirt worden sind.

Vermehrung des Wasserzuflusses. — Es ist wohl anzunehmen, dass durch Einführung dieser sämtlichen auf die Oekonomie bezüglichen Massregeln die schwierige Situation der Wasserversorgung im Winter jedenfalls gemildert wird.

Es darf aber nicht vergessen werden, dass die Einschränkung des Wasser-Consums in einer so grossen und so eng gebauten Stadt wie Wien, selbst wenn sie nur im Winter eintritt, dem sanitären Zustande der Bevölkerung abträglich ist.

Sowie die Cultur eines Volkes nach dem Verbräuche der Seife (nach dem Ausspruche eines grossen Naturforschers).

zu bemessen ist, ebenso gewiss ist auch die Cultur und der damit enge verknüpfte Gesundheitszustand einer Stadt nach der Menge des verbrauchten Wassers zu bemessen.

Unbewusst steigt bei Zunahme von Cultur und Wohlstand das Bedürfniss nach Wasser.

Da aber die Befriedigung dieses Bedürfnisses von der Leichtigkeit abhängig ist, wie es zu erhalten ist, so waren schon zu alten Zeiten die auf hoher Culturstufe stehenden Völker bestrebt, sich in ihren Städten den wichtigen Bezug von gutem Wasser in angenehmer und leicht zugänglicher Weise zu sichern.

In Wien, wo das Bedürfniss nach Wasser seit einigen Jahren in so ausgezeichnete Weise befriedigt werden konnte, ist daher das Hochquellenwasser eine unentbehrliche Sache geworden. — Auch ist der Erfolg des Hochquellenwassers mit Rücksicht auf die Sterblichkeit ein entsprechender.

Nachfolgende Tabelle erläutert dies gewiss in schlagender Weise:

Sterblichkeit in Wien
(nach dem städtischen statistischen Bureau).

Im Jahre	Zahl der Bevöl- kerung (Civil und Militär)	Zahl der Ver- storbenen	Verstorbene auf je 1000 Einwohner inclusive exclusive der Ortsfremden *)	
1872	668000	25400	38.1	34.1
1873	681000	25300	37.2	33.6
1874	694000	19900	28.7	25.5
1875	707000	20400	28.9	25.4
1876	721000	21500	29.9	26.7
1877	720800	20900	29.0	25.5

*) Unter Ortsfremde sind solche Personen verstanden, welche bereits krank in die Wiener Spitäler gebracht wurden, ohne einen Tag in Wien gewohnt zu haben.

Sterblichkeit einiger anderen Städte im Jahre 1877.

Frankfurt a. M. 20.2 per mille	Brüssel . . . 29.6 per mille
London . . . 22.4 " "	Berlin . . . 29.8 " "
Leipzig . . . 23.6 " "	Neapel . . . 32.3 " "
Paris . . . 23.9 " "	München . . 34.0 " "
New-York . . 24.5 " "	Triest . . . 34.6 " "
Wien . . . 25.5 " "	Pest . . . 40.1 " "
Hamburg . . 28.6 " "	

Der Unwille, mit welchem sich die Bevölkerung jedesmal bei Eintritt der Wassercalamitäten über den thatsächlichen unvollendeten Zustand der Wasserversorgung äusserte, bestimmte daher den Gemeinderath schon im Jahre 1877, trotz der damit verbundenen bedeutenden Kosten, die Vermehrung des Wasserzuflusses durch Erwerbung und Einleitung weiterer Quellen in die Wasserleitung anzustreben.

Die Durchführung dieser schwierigen Aufgabe erfordert aber unter den gegebenen Verhältnissen mehrere Jahre.

Als daher im Winter 1877—78, veranlasst durch die Trockenheit des vorhergegangenen Herbstes, der Rückgang in den Quellen die Wassernoth in ihrer ganzen Misère wieder blosslegte, brach sich im Gemeinderathe die Anschauung Bahn, durch ein Provisorium dem Wassermangel bis zur Einleitung der neuen Quellen abzuhefen.

Ein Comité wurde mit der Aufgabe betraut, Vorschläge zu machen, wie dem Wassermangel schon im Winter 1878 bis 1879 abgeholfen werden könnte.

Dieses Comité gelangte im Einvernehmen mit dem Magistrats-Referenten und dem Bauamts-Referenten alsbald zur Ansicht, dass seine Aufgabe nicht in der Zustandebringung eines Provisoriums, sondern in der Zustandebringung eines ganz definitiv und solid herzustellenden **Ergänzungswerkes bestehe, welches unter allen Umständen zuverlässig** die im Winter fehlende aber nothwendige Wasser-Reserve oder Wasser-Ergänzung zu liefern habe.

Nachdem im vergangenen Winter der Abgang 250.000 Eimer per 24 Stunden betragen hatte, war man sofort darüber schlüssig, dass dieses Ergänzungswerk vorerst auf eine Lieferung von 300.000 Eimer per 24 Stunden angelegt werden müsse, dass es aber leicht und ohne bedeutende Kosten zu vergrössern sein müsse.

Als Wasserbezugsquellen kamen die Donau, die Fische-Dagnitz, die Schwarza, das Grundwasser im Steinfeld und die unterirdischen Zuflüsse im Schwarzhathale in Betracht.

Bei Herstellung eines grossen Wasserwerkes in dem Terrain der Brigittenau, zwischen der grossen Donau und dem Donaucanal, nächst der Nordwestbahn-Brücke, könnte gewiss Donauwasser in mehr als genügender Menge erhalten werden.

Jedenfalls dürfte auch die Qualität dieses Donauwassers besser sein als diejenige des mittelst der Kaiser Ferdinands-Wasserleitung aus dem Donaucanal entnommenen Wassers.

Auch dürfte sich die Qualität desselben voraussichtlich auf eine unabsehbare Reihe von Jahren hinaus nicht wesentlich verschlechtern.

Nach den Erfahrungen der vergangenen Jahre mit dem Trinkwasserbezug aus der Kaiser Ferdinands-Leitung und mit Rücksicht auf die berechtigten Wünsche der Bevölkerung, musste jedoch schon im Vorhinein der Gedanke ausgeschlossen werden, bei eintretendem Mangel an Hochquellenwasser, die diesem Werke anliegenden Stadtbezirke I, II und IX an Stelle des Hochquellenwassers mit Donauwasser zu speisen.

Es konnte daher an die Benützung des Donauwassers nur als Nutzwasser mit einem separaten Rohrnetz gedacht werden, welches sich anfänglich auf die benachbarten Bezirke, allmählig erst über die ganze Stadt auszubreiten hätte.

Nun kostet die Herstellung des für die Hochquellenleitung nothwendigen Rohrnetzes, welches nur ein Vertheilungsrohrnetz ist, schon 6.4 Millionen Gulden.

Es dürfte daher die Herstellung der ganzen Wasserversorgungs-Anlage, inbegriffen der nothwendigen Druckrohre zu den Reservoirs, die Reservoirs selbst, Pumpstation, Saugcanäle, Filterbassins u. s. w. mindestens einen Aufwand von 10 Millionen Gulden erheischen.

Auch würde die Herstellung einer derartigen Anlage selbst nur für die benachbarten Bezirke gewiss mehrere Jahre dauern.

Es konnte daher in einer derartigen Anlage das nothwendige Ergänzungswerk nicht gefunden werden, so sehr auch die Vortheile beachtet wurden, welche eine von der Hochquellenleitung unabhängige Wasser-Reserve unter gewissen Umständen haben könnte.

Für den Wasserbezug aus der Fische-Dagnitz lag eine Offerte des Baurathes Junker und der Wiener Wasserwerks-Gesellschaft vor. — Die Offerenten verpflichteten sich darin zur Herstellung einer Wasserleitung mit einer Leistung von täglich 300.000 Eimern, wonach mittelst einer Druckleitung das Fische-Dagnitzwasser von Haschendorf aus zum Aquädukt hinaufgepumpt werden sollte.

Die Druckleitung sollte $\frac{5}{8}$ Meilen lang sein, und das ganze Wasserwerk auf circa fl. 1.000.000 zu stehen kommen. Die Betriebskosten wurden mit fl. 2 per 1000 Eimer angegeben, so dass bei einer täglichen Pumpung von 300.000 Eimern die Kosten per Tag fl. 600 betragen würden. Da die 6%igen Zinsen des Bau Capitals fl. 60.000 und die Kosten des dreimonatlichen Pumpens (Winterzeit) circa fl. 54.000 betrügen, so hätte die jährliche Ausgabe fl. 114.000 ausgemacht.

Ausserdem verlangten die Offerenten eine Bauzeit von 16 bis 18 Monaten, so dass eine Benützung für den Winter 1878 bis 1879 ausgeschlossen war.

Die Offerte wurde auch unter der Voraussetzung gemacht, dass die Commune bezüglich der Entschädigungsansprüche der Wassergewerken sich vorher mit denselben ausgleiche. Da der Zeitpunkt und die Kosten eines solchen Ausgleiches aber ganz unberechenbar waren, konnte diese Offerte keine weitere Berücksichtigung finden.

Was nun den Bezug des Wassers aus der Schwarza, aus den Grundwässern des Steinfeldes oder von den unterirdischen Quellen und Grundwässern im Schwarzathale betrifft, so bieten diese Bezugsquellen vor Allem den grossen Vortheil, die vorhandenen Anlagen, nämlich die Aquäduktzuleitung und das Rohrnetz, welche im Winter nur zum sechsten Theile, im Sommer bis zur Hälfte ausgenützt werden, vollkommen auszunützen, und dadurch die darin investirten bedeutenden Capitalien besser zu verzinsen.

Auch haben wiederholt vorgenommene quantitative chemische Analysen dieser Wässer gezeigt, dass diese Zuflüsse dem Quellwasser der bestehenden Wasserleitung der Qualität nach beinahe gleich sind und daher ein Einführen dieser Zuflüsse in den Aquädukt und ein Mischen mit dem darin zugeführten Wasser auf die gegenwärtige Dauer des Bedarfes, mindestens jedoch auf viele Jahrzehnte hinaus, also auch bis nach erfolgter Zuleitung weiterer Quellen, vollkommen zulässig wäre.

Die betreffenden Anlagen mussten sich für den

Bezug aus der Schwarza auf die Herstellung eines Wehres mit Zuleitungscanal oder Pumpwerkes,

für den Bezug aus dem Steinfeld auf die Anlage einer oder mehrerer Pumpstationen nächst der Aquädukt-Leitung, und

für den Bezug aus den unterirdischen Quellen und Strömen im Schwarzgebiete auf die Herstellung eines Saugstollen-Systemes, eventuell einer Pumpstation mit Zuleitungen beschränken.

Schon ohne Verfassung eines Projectes konnte angenommen werden, dass das nothwendige Ergänzungswasser aus einer Wasseranlage zu beschaffen wäre, deren Kosten nur einen kleinen Percentsatz der Anlagekosten von

21 Millionen der gegenwärtig bestehenden Hochquellen-Leitung betragen würden, und dass, nachdem die Hochquellenleitung an der Grenze ihrer finanziellen und materiellen Leistung beinahe angelangt ist, durch dieses Ergänzungswerk ihre finanzielle und productive Situation nicht nur verbessert, sondern total umgestaltet werden würde.

Von diesen Anlagen hätte nun die directe Einleitung aus der Schwarza die geringsten Kosten verursacht. Es hätte aber zu diesem Zwecke eine Vereinbarung mit den an der Schwarza gelegenen Gewerken vorausgehen müssen. Begreiflicher Weise konnte die Commune den ersten Schritt hiezu nicht thun. Da von Seite der Gewerkenbesitzer auch kein Entgegenkommen erfolgte, so musste von dem directen Bezug aus der Schwarza abgesehen werden.

Den Bezug von Grundwasser aus dem Steinfeld, worauf die Herren Fölsch, Aird und Grimbürg in einem, im Jahre 1875 an den Gemeinderath erstatteten Gutachten über die Wiener Wasserversorgung hingewiesen hatten, stand die Schwierigkeit entgegen, dass über die Grundwässer im Steinfeld nur unvollkommene und lückenhafte Beobachtungen vorhanden waren, und zu einer Ergänzung derselben keine Zeit mehr vorhanden war.

Es blieb daher nur der Wasserbezug aus den unterirdischen, unter dem Thalboden, sowie auch seitlich zufließenden Wässern des Schwarzgebietes übrig.

Wie bekannt, führt die Schwarza nur den sichtbaren Theil der in dem circa 9 $\frac{1}{4}$ Meilen grossen Wassergebiet niederfallenden atmosphärischen Niederschläge ab. Der wahrscheinlich grössere Theil dieser Niederschläge zieht unter dem mit Geröll ausgefüllten Thalboden des Schwarzathales allmähig ab. Daher das reichlich vorhandene Grundwasser im Schwarzgebiete bis hinauf zum Höllenthal, dessen Unerschöpflichkeit gelegentlich des Baues der Aquädukt-Leitung an vielen Stellen so grosse Schwierigkeiten bereitete.

Beobachtungen, welche durch Herrn Ober-Ingenieur Schurz in den Jahren 1876 und 1877 über die Brunnenwasserstände von Schwarza bis Pottschach hinauf gemacht wurden, zeigten, dass die Differenzen der Grundwasserstände zwischen Winter und Sommer bei Schwarza und Loipersbach 6—7^m, dagegen bei Pottschach, Wimpersbach und Dunkelstein nur $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ ^m betrugen, dass also von oberhalb Ternitz angefangen gegen Gloggnitz hinauf durch im Grunde des Thalbeckens vorhandene Hindernisse, die wehrartig wirken, ein theilweiser Rückstand der unterirdisch abfließenden Wässer stattfinden müsse.

Es war daher klar, dass stromaufwärts im Schwarzathale das erforderliche Wasser in vorzüglicher Qualität und jedenfalls in mehr als hinreichender Quantität entweder durch Pumpstationen oder durch Stollenanlagen zu beschaffen war.

Der Realisirung dieser Anschauungen stellten sich jedoch zahlreiche Hindernisse entgegen.

Wie bekannt, ist die Commune Wien bei allen auf die Wasservermehrung bezüglichen Schritten der Gegenwart aufmerksamer Beobachtung aller derjenigen Kreise, welche sie zum Objecte ihrer Speculation machen wollen.

Aus diesem Grunde war es unerlässlich, dort, wo man Wasser zu finden hoffte, zuerst die Grunderwerbung zu sichern, und dann die nothwendigen Versuchsbrunnen wegen Erprobung der örtlichen Quantität und Qualität des Wassers zu machen. Es war aber unsicher, ob dies auf das erste Mal gelingen würde, ob nicht bei ungenügender Wasserquantität, in Folge localer Formation des Thalbodens, solche Versuchsbrunnen an verschiedenen Orten hätten gemacht werden müssen.

Nun stand dem Comité für diese Arbeiten kein Credit zur Disposition, und war bei sonstiger Preisgebung der Absicht, welche geheim gehalten werden musste, auch keiner zu erhalten.

Auch war aus demselben Grunde die Inangriffnahme dieser Versuchsbauten durch die städtischen Organe ausgeschlossen.

Es mussten diese Versuchsbauten unbedingt durch eine andere Hand, welche die wahren Absichten verschleiern konnte, gemacht werden.

Diese andere Hand musste das Verständniss, die Mittel und auch die Anständigkeit haben, auf die Ideen des Comité's einzugehen, dieselben auf eigene Rechnung durchzuführen und in eine greifbare Form zu bringen, um sie dem Gemeinderathe als Grundlage für die Herstellung des Ergänzungswerkes beantragen zu können, auf die Gefahr hin, dass die Absichten des Comité's nicht durchgreifen und dadurch die Mühe und die aufgewendeten Kosten verloren sein sollten.

Die Schwierigkeit der Aufgabe verlangte die Mitwirkung einer Reihe von vorzüglichen Persönlichkeiten, die sich in den verschiedensten Richtungen durch Fachkenntnisse, Credit, Ansehen und Tüchtigkeit, wie auch durch die Kenntniss der Verhältnisse des Hochquellengebietes ergänzen mussten.

Die diesbezüglichen Bemühungen des Comité's erhielten ihren Abschluss durch die Offerte der Herrn Aird und Mark aus Berlin, im Vereine mit Herrn Baron Schwarz aus Wien über die Herstellung des Pottschacher Wasserwerkes.

Nachdem mein werther Freund Ritter von Grimburg, der auf dessen Projectirung und Ausführung entscheidenden Einfluss genommen hat, hierüber schon einen Vortrag angekündigt hat, so will ich demselben nicht vorgreifen*).

Im Interesse des Credit's der Wiener Hochquellen-Leitung, deren Wasser bisher als tadellos bekannt ist, kann ich aber nicht unterlassen, ausdrücklich schon jetzt hervorzuheben, dass die Anschauungen, die wir über die vorzügliche Qualität des Pottschacher Wassers gehabt haben, durch die eingetretenen Thatsachen schon vor der Beschlussfassung des Gemeinderathes und vor Abschliessung des Bauvertrages vollkommen bestätigt worden sind.

Nach den von den Herren Dr. Sedlnitzki, Professor Dr. Godefroy und Professor Dr. Nowak vorgenommenen chemischen Analysen ist das Pottschacher Wasser, dessen Temperatur 6—7° R. und dessen Härte 8.49 beträgt, ein tadelloses Trinkwasser, das in seiner Qualität zwischen dem Kaiserbrunnen und der Stixensteiner Quelle steht.

Es ist daher eine ebenbürtige Ergänzung des vorhandenen Quellenwassers und kann in vollkommen berechtigter Weise in den Aquädukt eingeleitet werden.

Nachschriftlich erfolgt eine vergleichende Tabelle über die erfolgten quantitativen chemischen Analysen des Pottschacher Wassers, des Kaiserbrunnen- und Stixensteiner Quellwassers und des im Reservoir am Rosenhügel bei Wien vorhandenen und aus der Mischung von Kaiserbrunnen- und Stixensteiner Wasser bestehenden Wassers.

*) Ist bereits gehalten worden, und dürfte wohl auch zur Veröffentlichung gelangen.

D. R.

In 10.000 Theilen Wassers gefundene Bestandtheile.

	Wasser aus dem Probebrunnen bei Pottschach, geschöpft Ende Mai 1878		Wasser aus den Pottschacher Wasserwerksbrunnen, geschöpft Ende Jänner 1879, Analyse von Prof. Dr. J. Nowak	Wasser des Kaiserbrunnens, Analyse v. Prof. Schneider	Wasser der Stixensteiner Quelle, Analyse v. Prof. Schneider	Wasser aus dem Reservoir auf dem Rosenhügel, Analyse von Dr. Habermann und Dr. Weidel
	Analyse von Dr. Richard Godefroy	Analyse von Prof. Dr. J. Nowak				
Temperatur.....	3.9° C.	—	—	4.5° R.	6.8° R.	—
Specifisches Gewicht.....	1.000273	—	—	—	1.000248	—
Gesamtmenge der Kohlensäure..	1.725	—	1.921	—	1.930	—
daran ganz gebunden.....	1.187	—	0.741	—	1.850	—
freie und halb gebundene...	0.538	—	1.180	—	0.076	—
Ammoniak.....	—	—	—	—	—	—
Salpetersäure.....	—	—	—	—	—	—
Salpetrige Säure.....	—	—	—	—	—	—
Kali.....	Spuren	—	—	—	—	—
Natron.....	0.017	0.052	0.054	0.006	0.043	0.064
Kalkerde.....	0.564	0.763	0.860	0.021	1.049	0.829
Magnesia.....	0.204	0.181	0.201	0.088	0.172	0.130
Eisenoxyd.....	Spuren	—	—	Spuren	Spuren	—
Thonerde.....	0.003	—	—	—	—	—
Kieselerde.....	0.002	0.016	0.015	0.018	0.025	0.021
Schwefelsäure.....	0.155	0.140	0.15 in d. Sulfaten	0.060	0.187	0.123
Phosphorsäure.....	0.005	—	—	—	—	—
Chlor.....	0.002	0.017	0.002	0.009	0.020	0.014
Organische Substanz.....	0.057	0.013	0.021	0.042	0.060	0.053
Trockenrückstand.....	—	1.955	2.251	1.387	—	—
Gesamthärte.....	8.49°	—	11.4°	7.3°	12.89°	8.6°
davon entfällt auf Kalk....	5.64°	—	8.6°	6.0°	—	—
" " " Magnesia.....	2.85°	—	2.8°	1.3°	—	—
Härte mit Seifenlösung bestimmt.	7.77°	—	8.2°	—	4.340	—

Beitrag zur Berechnung der Balkenträger.

Von

Professor **J. E. Brik.**

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 5.)

Träger mit gerader Längsaxe, die den einwirkenden verticalen Belastungen ihren Biegungswiderstand entgegensetzen und auf die Stützen nur verticale Drücke ausüben, werden bekanntlich kurzweg „Balkenträger“ genannt.

Die Berechnung der äusseren Kräfte und der Biegemomente derartiger Träger erfolgt auf Grundlage statischer Bedingungen und, wo diese allein nicht ausreichen, mit Zuhilfenahme der Resultate der Elasticitätslehre, insbesondere jener der Biegungstheorie.

Diese Berechnungsmethoden sind gegenwärtig weit ausgebildet und haben namentlich seit Einführung der Graphostatik grosse Einfachheit erlangt, so dass in dieser Hinsicht kaum etwas zu wünschen übrig bleibt und sonach eine neuerliche Behandlung dieses Gegenstandes überflüssig erscheinen könnte.

Wenn der Verfasser dennoch zur Mittheilung der nachfolgenden kleinen Abhandlung sich entschloss, so geschah dies hauptsächlich mit Rücksicht auf die gewonnenen einfachen Resultate, welche, insbesondere ihrer Form nach, eine leichte und hand-same Ausführbarkeit der einschlägigen Rechnungen auf analytische Weise bezwecken, so dass dieselben, neben den bereits bekannten und in Uebung befindlichen Rechnungsmethoden, zur praktischen Verwendung gleichfalls geeignet sein dürften.

Wir beschränken unsere Untersuchungen auf die allgemeine Entwicklung der Gleichung der Biegungcurve und auf die Ermittlung und Herleitung der Bedingungsgleichungen zur Bestimmung der äusseren Kräfte, respective der Biegemomente über den Stützen in jenen Fällen, wo diese aus statischen Gesetzen allein nicht vollends bestimmbar sind.

Die Berechnung gründen wir auf die Navier'sche Theorie der elastischen Linie, setzen homogenes Trägermateriale, zunächst stufenweise veränderliche Trägerquerschnitte und beliebige, jedoch bestimmte Belastung voraus.

I. Gleichung der Biegungcurve.

Methode der Momentenflächen.

Es werde der zwischen den beiden Stützen *A* und *B*, Fig. 1, befindliche Theil *AB* eines Stabes betrachtet, der unter Einwirkung äusserer Kräfte eine Biegung erleidet, deren Gestalt durch die Gleichung der deformirten Längsaxe ausgedrückt werden soll. Ausserhalb der Stützen *A* und *B* kann der Stab vorläufig beliebig begrenzt und belastet gedacht werden.

Unter Grundlage eines rechtwinkligen Coordinaten-Systems *XY*, dessen Ursprung *O* in der Verticalen über *A* angenommen ist, sei die positive Richtung der Abscissen und Ordinaten nach rechts, beziehungsweise abwärts, und es bezeichne:

xy die Coordinaten eines Punktes der gebogenen Längsaxe des Stabes;

M_x das statische Moment der äusseren Kräfte in Bezug zum Querschnitte *x*;

t das im Allgemeinen veränderlich einzuführende Trägheitsmoment der Trägerquerschnitte in Bezug zur Schwerpunkts-Axe, endlich

E den constant vorausgesetzten Elasticitäts-Modul des Träger-materiales.

Die Gleichgewichtsbedingung zwischen dem statischen Momente der äusseren Kräfte und dem statischen Momente der elastischen Widerstände im Trägerquerschnitte *x* ist ausgedrückt durch die bekannte Gleichung:

$$- E t \frac{d^2 y}{dx^2} = M_x \quad \dots \quad 1).$$

Die zweimalige Integration dieser Gleichung liefert die Gleichung der Biegungcurve.

Wird Gleichung 1) in der Form:

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = - \frac{1}{E} \frac{M_x}{t}$$

geschrieben, so gibt die erste Integration:

$$\frac{dy}{dx} = \tau - \frac{1}{E} \int_0^x \frac{M_x}{t} dx,$$

wenn die Tangente an die Biegungcurve in *A* mit τ bezeichnet wird.

Unter Voraussetzung stufenweise veränderlicher Querschnitte ist der Träger innerhalb bestimmter Strecken prismatisch geformt. Nennen wir die innerhalb der Strecken $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$ constanten Trägheitsmomente der correspondirenden Trägerquerschnitte t_1, t_2, \dots, t_n , so ist:

$$\int_0^x \frac{M_x}{t} dx = \frac{1}{t_1} \int_0^{\Delta_1} M_x dx + \frac{1}{t_2} \int_{\Delta_1}^{\Delta_1+\Delta_2} M_x dx + \dots + \frac{1}{t_m} \int_{\Delta_1+\Delta_2+\dots+\Delta_{m-1}}^x M_x dx.$$

Denkt man sich über der Axe *X* die der einwirkenden Belastung entsprechende Momentencurve *d c g r s a v*, Fig. 2, aufgetragen, und die Strecken constanten Querschnitts durch verticale Theilungsgerade (*ck, gn...*) begrenzt, und wird allgemein

$$\int M_x dx = \text{funct}(x) = \varphi$$

gesetzt, so erhält man:

$$\int_0^{\Delta_1} M_x dx = [\varphi]_{x=0}^{x=\Delta_1} = \varphi_1 = \text{area } o c d$$

$$\int_{\Delta_1}^{\Delta_1+\Delta_2} M_x dx = [\varphi]_{x=\Delta_1}^{x=\Delta_1+\Delta_2} = \varphi_2 = \text{area } c f g$$

$$\dots \dots \dots$$

$$\int_{\Delta_1+\Delta_2+\dots+\Delta_{m-1}}^x M_x dx = [\varphi]_{x=\Delta_1+\Delta_2+\dots+\Delta_{m-1}}^{x=x} = \varphi_x = \text{area } o r s t,$$

somit wird:

$$\begin{aligned} \int_0^x \frac{M_x}{t} dx &= \frac{1}{t_1} [\varphi]_{x=0}^{x=\Delta_1} + \frac{1}{t_2} [\varphi]_{x=\Delta_1}^{x=\Delta_1+\Delta_2} + \dots + \frac{1}{t_m} [\varphi]_{x=\Delta_1+\Delta_2+\dots+\Delta_{m-1}}^{x=x} \\ &= \frac{\varphi_1}{t_1} + \frac{\varphi_2}{t_2} + \dots + \frac{\varphi_x}{t_m} = \sum_0^x \left(\frac{\varphi}{t} \right). \end{aligned}$$

und mithin:

$$\frac{dy}{dx} = \tau - \frac{1}{E} \sum_0^x \left(\frac{\varphi}{t} \right) \quad \dots \quad 2).$$

Diese Gleichung integrirt, gibt:

$$y = c + \tau x - \frac{1}{E} \int_0^x dx \sum_0^x \left(\frac{\varphi}{t} \right).$$

Mit Rücksichtnahme auf die obigen Werthe ist:

$$\int_0^x dx \sum_0^x \left(\frac{\varphi}{t} \right) = \int_0^x \left(\frac{1}{t_1} [\varphi]_{x=0}^{x=\Delta_1} + \frac{1}{t_2} [\varphi]_{x=\Delta_1}^{x=\Delta_1+\Delta_2} + \dots + \frac{1}{t_m} [\varphi]_{x=\Delta_1+\Delta_2+\dots+\Delta_{m-1}}^{x=x} \right) dx$$

$$= \frac{1}{t_1} \int_0^x [\varphi]_{x=0}^{x=\Delta_1} dx + \frac{1}{t_2} \int_0^x [\varphi]_{x=\Delta_1}^{x=\Delta_1+\Delta_2} dx + \dots + \frac{1}{t_m} \int_0^x [\varphi]_{x=\Delta_1+\Delta_2+\dots+\Delta_{m-1}}^{x=x} dx \quad \dots a).$$

Ferner ist:

$$\left. \begin{aligned} \int_0^x [\varphi]_{x=0}^{x=\Delta_1} dx &= \int_0^{\Delta_1} [\varphi]_{x=0}^{x=\Delta_1} dx + \varphi_1 \int_{\Delta_1}^x dx = \int_0^{\Delta_1} [\varphi]_{x=0}^{x=\Delta_1} dx + \varphi_1 (x - \Delta_1) \\ \int_0^x [\varphi]_{x=\Delta_1}^{x=\Delta_1+\Delta_2} dx &= \int_0^{\Delta_1} [\varphi]_{x=\Delta_1}^{x=\Delta_1+\Delta_2} dx + \int_{\Delta_1}^{\Delta_1+\Delta_2} [\varphi]_{x=\Delta_1}^{x=\Delta_1+\Delta_2} dx + \varphi_2 \int_{\Delta_1+\Delta_2}^x dx \\ &= 0 + \int_{\Delta_1}^{\Delta_1+\Delta_2} [\varphi]_{x=\Delta_1}^{x=\Delta_1+\Delta_2} dx + \varphi_2 (x - \Delta_1 - \Delta_2) \\ &\dots \dots \dots \\ \int_0^x [\varphi]_{x=\Delta_1+\Delta_2+\dots+\Delta_{m-1}}^{x=x} dx &= \int_{\Delta_1+\Delta_2+\dots+\Delta_{m-1}}^x [\varphi]_{x=\Delta_1+\Delta_2+\dots+\Delta_{m-1}}^{x=x} dx \end{aligned} \right\} \dots b).$$

Allgemein ist:

$$\int \varphi dx = \varphi x - \int x d\varphi,$$

mithin:

$$\int_0^{\Delta_1} \varphi dx = [\varphi x]_{x=0}^{x=\Delta_1} - \int_0^{\Delta_1} x d\varphi$$

für $x = 0$ ist $\varphi = 0$,
für $x = \Delta_1$ ist $\varphi = \varphi_1$,

womit

$$\left. \begin{aligned} \int_0^{\Delta_1} \varphi dx &= \varphi_1 \Delta_1 - \int_0^{\Delta_1} x d\varphi \\ \int_{\Delta_1}^{\Delta_1+\Delta_2} \varphi dx &= [\varphi x]_{x=\Delta_1}^{x=\Delta_1+\Delta_2} - \int_{\Delta_1}^{\Delta_1+\Delta_2} x d\varphi; \\ &\text{für } x = \Delta_1 \text{ ist } \varphi = 0, \\ &\text{für } x = \Delta_1 + \Delta_2 \text{ ist } \varphi = \varphi_2, \end{aligned} \right\} \dots c).$$

also

$$\left. \begin{aligned} \int_{\Delta_1}^{\Delta_1+\Delta_2} \varphi dx &= \varphi_2 (\Delta_1 + \Delta_2) - \int_{\Delta_1}^{\Delta_1+\Delta_2} x d\varphi \\ &\dots \dots \dots \\ \int_{\Delta_1+\Delta_2+\dots+\Delta_{m-1}}^x \varphi dx &= \varphi_x x - \int_{\Delta_1+\Delta_2+\dots+\Delta_{m-1}}^x x d\varphi \end{aligned} \right\}$$

Benennen wir die Entfernung der Schwerpunkte der einzelnen Flächenstreifen $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_x$ von der linken Stützenverticalen mit $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_x$, so ist offenbar:

$$\left. \begin{aligned} \int_0^{\Delta_1} x d\varphi &= \varphi_1 \varepsilon_1 \\ \int_{\Delta_1}^{\Delta_1+\Delta_2} x d\varphi &= \varphi_2 \varepsilon_2 \\ &\dots \dots \dots \\ \int_{\Delta_1+\Delta_2+\dots+\Delta_{m-1}}^x x d\varphi &= \varphi_x \varepsilon_x \end{aligned} \right\} \dots d).$$

Mit diesen Werthen folgt aus c):

$$\left. \begin{aligned} \int_0^{\Delta_1} \varphi dx &= \varphi_1 \Delta_1 - \varphi_1 \varepsilon_1 = \varphi_1 (\Delta_1 - \varepsilon_1) \\ \int_{\Delta_1}^{\Delta_1+\Delta_2} \varphi dx &= \varphi_2 (\Delta_1 + \Delta_2) - \varphi_2 \varepsilon_2 = \varphi_2 (\Delta_1 + \Delta_2 - \varepsilon_2) \\ &\dots \dots \dots \\ \int_{\Delta_1+\Delta_2+\dots+\Delta_{m-1}}^x \varphi dx &= \varphi_x x - \varphi_x \varepsilon_x = \varphi_x (x - \varepsilon_x) \end{aligned} \right\} \dots e).$$

und damit aus b):

$$\left. \begin{aligned} \int_0^x [\varphi]_{x=0}^{x=\Delta_1} dx &= \varphi_1 (\Delta_1 - \varepsilon_1) + \varphi_1 (x - \Delta_1) = \varphi_1 (x - \varepsilon_1) \\ \int_0^x [\varphi]_{x=\Delta_1}^{x=\Delta_1+\Delta_2} dx &= \varphi_2 (\Delta_1 + \Delta_2 - \varepsilon_2) + \varphi_2 (x - \Delta_1 - \Delta_2) = \varphi_2 (x - \varepsilon_2) \\ &\dots \dots \dots \\ \int_0^x [\varphi]_{x=\Delta_1+\Delta_2+\dots+\Delta_{m-1}}^{x=x} dx &= \varphi_x (x - \varepsilon_x) \end{aligned} \right\} \dots f).$$

Wenn beachtet wird, dass

$$\begin{aligned} \varphi_1 (x - \varepsilon_1), \\ \varphi_2 (x - \varepsilon_2), \\ \dots \dots \dots \\ \varphi_x (x - \varepsilon_x) \end{aligned}$$

die statischen Momente der Flächenstreifen $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_x$ in Bezug zu einer in x gedachten Verticalen bedeuten, und diese Werthe beziehungsweise mit $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_x$ bezeichnet werden, so ergibt sich aus a):

$$\left. \begin{aligned} \int_0^x dx \sum_0^x \left(\frac{\varphi}{t} \right) &= \frac{\varphi_1 (x - \varepsilon_1)}{t_1} + \frac{\varphi_2 (x - \varepsilon_2)}{t_2} + \dots \\ &+ \frac{\varphi_x (x - \varepsilon_x)}{t_m} = \sum_0^x \frac{\varphi (x - \varepsilon)}{t} \\ &= \frac{\mu_1}{t_1} + \frac{\mu_2}{t_2} + \dots + \frac{\mu_x}{t_m} = \sum_0^x \left(\frac{\mu}{t} \right) \end{aligned} \right\} \dots g).$$

so dass schliesslich folgt:

$$y = c + \tau x - \frac{1}{E} \sum_0^x \left(\frac{\mu}{t} \right) \dots 3).$$

$$\text{für } x = l \text{ wird } y = c_1, \quad \frac{dy}{dx} = \tau',$$

daher ist aus 3):

$$\tau = \frac{c_1 - c}{l} + \frac{1}{El} \sum_0^l \left(\frac{\mu}{t} \right) \dots 4).$$

und aus 2) und 4):

$$\tau' = \frac{c_1 - c}{l} + \frac{1}{E} \left[\frac{1}{l} \sum_0^l \left(\frac{\mu}{t} \right) - \sum_0^l \left(\frac{\varphi}{t} \right) \right] \dots 5).$$

Nach Einführung des Werthes für τ in Gleichung 3) ergibt sich:

$$y = c + (c_1 - c) \frac{x}{l} + \frac{1}{E} \left[\frac{x}{l} \sum_0^l \left(\frac{\mu}{t} \right) - \sum_0^x \left(\frac{\mu}{t} \right) \right] \dots 6)$$

als allgemeine Gleichung der Biegungscurve; sie gilt für jede beliebige Belastung und Befestigung in den Punkten A und B , unter Voraussetzung stufenweise veränderlicher Trägerquerschnitte. Die Werthe:

$$\sum_0^l \left(\frac{\mu}{t} \right) \quad \text{und} \quad \sum_0^x \left(\frac{\mu}{t} \right)$$

sind die Summen der Quotienten aus den statischen Momenten der einzelnen Momenten-Flächenstreifen zu den Trägheitsmomenten der diesen Streifen entsprechenden Trägerquerschnitte, wobei in der ersten Summe die statischen Momente zur rechten Stützenverticalen in B zu beziehen und die Summierung auf die ganze

Trägerlänge auszuführen ist, — während für den zweiten Werth $\sum_0^x \left(\frac{\mu}{t} \right)$ die statischen Momente zur Verticalen in x zu beziehen und die Summirung auf die Strecke von 0 bis x zu erfolgen hat.

Denkt man sich die den Quotienten $\left(\frac{\varphi}{t} \right)$ zukommenden Werthe als Belastungsflächen der Strecken Δ wirksam, so stellt der Ausdruck:

$$\frac{1}{l} \sum_0^1 \left(\frac{\mu}{t} \right) = \frac{1}{l} \sum_0^1 \frac{\varphi}{t} (l - \varepsilon)$$

den linken Auflagerdruck, und

$$\frac{x}{l} \sum_0^1 \left(\frac{\mu}{t} \right) = \sum_0^x \left(\frac{\mu}{t} \right)$$

das statische Moment der diesen Belastungen entsprechenden äusseren Kräfte in Bezug auf den Querschnitt x eines in A und B frei gestützten Stabes, oder auch eines in A und B aufgehängenen und in den Strecken Δ mit $\left(\frac{\varphi}{t} \right)$ belasteten Seiles dar, und es bedeutet dann Gleichung 6):

$$E \left(y - c - (c_1 - c) \frac{x}{l} \right) = \frac{x}{l} \sum_0^1 \left(\frac{\mu}{t} \right) - \sum_0^x \left(\frac{\mu}{t} \right)$$

die Gleichgewichtsbedingung zwischen den äusseren und inneren Kräften des Seiles, wobei E — als Kraft gedacht — den constanten Horizontalzug desselben ausdrückt und die y als Ordinaten der Seilcurve selbst erscheinen.

Hieraus folgt, dass die Biegungcurve als Seilcurve betrachtet werden kann, die von einem Seile gebildet wird, dessen constanter Horizontalzug $= E$, und dessen verticale Belastung der Strecken Δ dem Werthe $\left(\frac{\varphi}{t} \right)$ entspricht.

Dieser merkwürdige Satz, sowie die mit dessen Hilfe abgeleiteten äusserst werthvollen Resultate zur graphischen Berechnung namentlich continuirlicher Balkenträger, wurde zuerst von Professor Mohr allgemein, in bekannt genialer Weise, begründet *).

Anwendung der Gleichung 6) auf specielle Fälle.

1. Sind die Trägheitsmomente der Trägerquerschnitte continuirlich, jedoch sonst beliebig veränderlich, so ist die der Belastung entsprechende Momentencurve aufzutragen und mit Rücksicht auf den continuirlichen Verlauf der Curve der Trägheitsmomente eine Eintheilung der Momentenfläche in verticale Lamellen von angemessen kleinen Breiten vorzunehmen, deren Flächeninhalt und Schwerpunkt zu bestimmen und die nöthigen statischen Momente zu berechnen. Es versteht sich von selbst, dass die Ordinaten der Momentencurven am Momentenmaassstabe, die Breiten der Lamellen und die Hebelsarme am Längenmaassstabe abzunehmen sind.

Die Bildung der Summen $\sum_0^1 \left(\frac{\mu}{t} \right)$, beziehungsweise $\sum_0^x \left(\frac{\mu}{t} \right)$ unterliegt sonach keiner Schwierigkeit.

2. Die Trägheitsmomente sind stetig und gesetzmässig veränderlich.

Hier werden die Strecken Δ unendlich klein, und es möge hierfür $d\xi$ eingeführt werden; es übergeht

*) „Beitrag zur Theorie der Holz- und Eisen-Constructionen.“ „Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereines zu Hannover“, 1862.

$\mu = \varphi (x - \varepsilon)$ in $(x - \xi) d\varphi = d\mu = (x - \xi) + M_\xi d\xi$, so dass Gleichung 6) die Form erhält:

$$y = c + (c_1 - c) \frac{x}{l} + \left. + \frac{1}{E} \left(\frac{x}{l} \int_{\xi=0}^{\xi=1} \frac{M_\xi}{t_\xi} (l - \xi) d\xi - \int_{\xi=0}^{\xi=x} \frac{M_\xi}{t_\xi} (x - \xi) d\xi \right) \right\} \quad . \quad 7).$$

3. Das Trägheitsmoment ist constant. Alsdann ist:

$$y = c + (c_1 - c) \frac{x}{l} + \frac{1}{Et} \left(\frac{x}{l} \sum_0^1 \mu - \sum_0^x \mu \right) \quad . \quad 8).$$

Zur Anwendung vorstehender Gleichungen bedarf es vorerst der Kenntniss der Momentencurve, welche der einwirkenden Belastung entspricht. Bei Trägern, welche auf den Stützen A und B frei aufliegen, ferner bei solchen, die über den Stützen festgeklemmt sind und bei continuirlichen Trägern in beiden letzten Fällen — constanten Querschnitt vorausgesetzt — sind die Momentencurven leicht ermittelbar.

Bei Vorhandensein veränderlicher Querschnitte an einem auf mehreren Stützen liegenden continuirlichen und bei an den Stützen festgeklebten Trägern müssten zuerst die Momente mit Rücksicht auf diesen Umstand berechnet werden. Es erfordert dies ein Verfahren, das, wenngleich nicht schwierig, dennoch umständlich und zeitraubend werden kann. Meist wird es deshalb vorgezogen, die Berechnung der Einbiegungen unter Annahme eines constanten, „mittleren“ Trägheitsmomentes — zur Erlangung eines angenäherten Resultates — durchzuführen.

Mit Rücksicht auf die Unsicherheit, die in der Einführung des, einem Mittelwerthe entsprechenden Elasticitäts-Modul liegt, erscheint die letztere Rechnungsmethode um so mehr gerechtfertigt, als bei zusammengesetzten, z. B. genieteten Trägern, der wahre Werth des Elasticitäts-Modul meist unbekannt und nur schätzungsweise angenommen werden muss.

Als „mittleres Trägheitsmoment“ empfiehlt es sich, den Werth:

$$t_m = \frac{\Delta_1 t_1 + \Delta_2 t_2 + \dots + \Delta_v t_v}{\sum \Delta} = \frac{\sum \Delta t}{\sum \Delta} \quad . \quad 9*),$$

wobei die Summirungen auf die ganze Trägerlänge zu erstrecken sind, einzuführen.

Liegt eine graphische Darstellung der Momentencurven und der Widerstandsmomente der Trägerquerschnitte vor, wie solche zum Zwecke der „Material-Austheilung“ bei Parallelträgern oft angefertigt wird, so kann dieselbe zweckmässig auch zur Berechnung der Durchbiegung angewendet werden, wenn statt der Trägheitsmomente die Widerstandsmomente eingesetzt werden.

Ist W das Widerstandsmoment des gegen die Schwerpunkts-Axe symmetrisch gedachten Trägerquerschnittes,

s die Spannung der äussersten Faserschichte per Querschnittseinheit,

H die Entfernung der beiden äussersten Faserschichten von einander, so ist bekanntlich:

$$W = \frac{s t}{H}, \text{ und hieraus } t = \frac{W \cdot H}{2 s}.$$

*) Vergleiche Mohr: „Beitrag zur Theorie der Holz- und Eisen-Constructionen.“ „Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereines in Hannover“, 1862.

Bedeutet nun s zugleich die grösste zulässige Faser-
spannung, und werden mit diesem constanten Werthe die den
verschiedenen Querschnitten entsprechenden Widerstandsmomente
berechnet und diese Werthe in den Strecken Δ aufgetragen, so
entsteht eine stufenförmige Begrenzung, welche die zulässigen
Widerstandsmomente darstellt und woraus umgekehrt die Träg-
heitsmomente berechnet werden könnten.

Wird der obige Werth für das Trägheitsmoment in Gleichung 6)
eingesetzt, und zur weiteren Vereinfachung $c = c_1 = 0$ ange-
nommen, so ergibt sich:

$$y = \frac{2s}{E} \left(\frac{x}{l} \sum_0^1 \frac{\mu}{W \cdot H} - \sum_0^x \frac{\mu}{W \cdot H} \right) \dots 10).$$

Bei grösseren Trägerhöhen, und insbesondere bei Trägerquer-
schnitten, deren Variation durch aufgelegte Horizontal-Lamellen
geringer Stärke vermittelt wird, wie bei T- und II förmigen
Gurtungen, kann statt der verschiedenen H , — die dann nur
wenig verschiedene Grössen haben — ein mittlerer Werth H_m —
analog dem t_m — supponirt werden. Es wird alsdann:

$$y = \frac{2s}{E \cdot H_m} \left(\frac{x}{l} \sum_0^1 \frac{\mu}{W} - \sum_0^x \frac{\mu}{W} \right) \dots 11).$$

Nun mögen einige ausgeführte Beispiele die Anwendung
der erzielten Resultate erläutern:

1. Es ist die Grösse der Durchbiegung eines, auf zwei
Stützen frei aufruhenden Stabes constanten Querschnittes, unter
Einwirkung einer isolirten Last, für den Lastort zu berechnen.

Hier ist die Momentenfläche durch die Dreiecksfläche ACB ,
Fig. 4, dargestellt.

Das Moment in a ist:

$$\mathfrak{M}_a = P \frac{a \cdot b}{l}.$$

Nach Gleichung 8) ist, wenn überdies $c = c_1 = 0$:

$$\begin{aligned} y_a &= \frac{1}{Et} \left(\frac{a}{l} \sum_0^1 \mu - \sum_0^a \mu \right) \\ \sum_0^1 \mu &= \Delta BDC \times \frac{2}{3} b + \Delta ADC \times \left(b + \frac{a}{3} \right) \\ &= \frac{1}{2} \cdot b \cdot \mathfrak{M}_a \cdot \frac{2}{3} b + \frac{1}{2} a \cdot \mathfrak{M}_a \left(b + \frac{a}{3} \right) \\ &= \frac{\mathfrak{M}_a}{6} (2b^2 + 3ab + a^2) \\ \sum_0^a \mu &= \Delta ADC \times \frac{a}{3} = \frac{1}{2} a \cdot \mathfrak{M}_a \cdot \frac{a}{3} = \frac{1}{6} \mathfrak{M}_a \cdot a^2, \end{aligned}$$

somit:

$$\begin{aligned} y_a &= \frac{\mathfrak{M}_a}{6Et} \left(\frac{a}{l} (2b^2 + 3ab + a^2) - a^2 \right) \\ &= \frac{1}{3} \cdot \frac{\mathfrak{M}_a}{Et} \cdot ab = \frac{1}{3} \frac{Pa^2 b^2}{Etl}. \end{aligned}$$

Für $a = b = \frac{l}{2}$ würde:

$$y_{\frac{1}{2}} = \frac{1}{48} \frac{Pl^3}{Et}.$$

2. Hat der vorige Stab eine gleichmässig vertheilte Be-
lastung q per Längeneinheit zu tragen, so findet sich die Durch-
biegung in der Stabmitte:

$$y_{\frac{1}{2}} = \frac{1}{Et} \left(\frac{1}{2} \sum_0^1 \mu - \sum_0^{\frac{1}{2}} \mu \right).$$

Die Momentencurve ist eine gemeine Parabel, deren Scheitel

$\frac{1}{8} q l^2$ über der Stabmitte liegt. (Fig. 5.)

$$\sum_0^1 \mu = \frac{2}{3} \times \frac{1}{8} q l^2 \times l \times \frac{l}{2} = \frac{1}{24} q l^3,$$

$$\sum_0^{\frac{1}{2}} \mu = \frac{2}{3} \times \frac{1}{8} q l^2 \times \frac{l}{2} \times \frac{3}{16} l = \frac{1}{128} q l^3,$$

$$y_{\frac{1}{2}} = \frac{1}{Et} \left(\frac{1}{2} \times \frac{1}{24} q l^3 - \frac{1}{128} q l^3 \right) = \frac{5}{384} \frac{q l^4}{Et}.$$

3. Der gleichmässig belastete Stab sei einerseits horizontal
eingespannt, andererseits frei aufgelagert; es fragt sich um die
Grösse der Durchbiegung in der Mitte des Stabes.

Die Momentencurve wird in diesem Falle durch eine Parabel
(Fig. 7) dargestellt.

Das Moment an der Einspannungsstelle beträgt:

$$\mathfrak{M}_0 = -\frac{1}{8} q l^2;$$

die Parabel-Ordinate über der Mitte der Geraden

$$\overline{CB} \text{ ist } = \frac{1}{8} q l^2,$$

so dass:

$$\begin{aligned} \sum_0^1 \mu &= \frac{2}{3} \times \frac{1}{8} q l^2 \times l \times \frac{l}{2} - \frac{1}{2} \times \overline{AC} \times \overline{AB} \times \frac{2}{3} \overline{AB} \\ &= \frac{1}{24} q l^3 - \frac{1}{2} \times \frac{1}{8} q l^2 \times l \times \frac{2}{3} l = 0; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum_0^{\frac{1}{2}} \mu &= \frac{2}{3} \times \frac{1}{8} q l^2 \times \frac{l}{2} \times \frac{3}{16} l - \frac{l}{2} \times \frac{1}{16} q l^2 \\ &\times \frac{l}{4} - \frac{1}{2} \times \frac{l}{2} \times \frac{1}{16} q l^2 \times \frac{1}{3} l = -\frac{1}{192} q l^3, \end{aligned}$$

mithin:

$$y_{\frac{1}{2}} = \frac{1}{Et} \left(\frac{1}{2} \sum_0^1 \mu - \sum_0^{\frac{1}{2}} \mu \right) = \frac{1}{192} \frac{q l^4}{Et}.$$

4. Ueber zwei Oeffnungen gleicher Weite ist ein Stab con-
stanten Querschnittes continuirlich gespannt und über der einen
Oeffnung mit der gleichmässig vertheilten Last q per Längeneinheit
belastet, während das zweite Tragfeld ohne Belastung gedacht
werden soll.

Für diesen Belastungsfall ist die Einsenkung des Trägers,
in einer Entfernung $= x$ von der linken Endstütze des belasteten
Tragfeldes, zu berechnen.

Die Momentencurve im belasteten Felde ist eine Parabel,
deren Gleichung

$$M_{\xi} = \left(\frac{M_1}{l} + \frac{q \xi}{2} \right) \xi - q \frac{\xi^2}{2};$$

wobei M_1 das Moment über der Mittelstütze ist.

Da nun

$$M_1 = -\frac{1}{16} q l^2,$$

so ist auch

$$M_{\xi} = \frac{q}{2} \left(\frac{7}{8} l \xi - \xi^2 \right).$$

Das statische Moment der Momentenfläche in Bezug zur Verticalen in der Mittelstütze ist:

$$\sum_0^1 \mu = \frac{q}{2} \int_0^1 \left(\frac{7}{8} l \xi - \xi^2 \right) (l - \xi) d\xi = \frac{1}{32} q l^3.$$

Desgleichen ist:

$$\sum_0^x \mu = \frac{q}{2} \int_0^x \left(\frac{7}{8} l \xi - \xi^2 \right) (x - \xi) d\xi = \frac{q l^3}{96} \left[7 \left(\frac{x}{l} \right)^3 - 4 \left(\frac{x}{l} \right)^4 \right],$$

und demnach:

$$y_x = \frac{q l^3}{96 E t} \left[3 \left(\frac{x}{l} \right) - 7 \left(\frac{x}{l} \right)^3 + 4 \left(\frac{x}{l} \right)^4 \right].$$

Im unbelasteten Tragfelde würde

$$\begin{aligned} \sum_0^1 \mu &= \frac{1}{2} \cdot M_1 \cdot l \cdot \frac{l}{3} = \frac{1}{6} M_1 l^2 = -\frac{1}{96} q l^3, \\ \sum_0^x \mu &= \frac{1}{2} \cdot M_{x_1} \cdot x' \cdot \frac{x'}{3} = \frac{1}{6} M_{x_1} x'^2 = \frac{1}{6} M_1 \frac{x'^3}{l} = -\frac{1}{96} q l x'^3, \end{aligned}$$

$$\mu_m = \frac{q}{2} \int_{\xi=\sum_{\Delta}^{m-1}}^{\xi=\sum_{\Delta}^m} (l \xi - \xi^2) (l - \xi) d\xi = \frac{q}{24} \left\{ 6 l^2 [(\sum_{\Delta}^m)^2 - (\sum_{\Delta}^{m-1})^2] - 8 l [(\sum_{\Delta}^m)^3 - (\sum_{\Delta}^{m-1})^3] + 3 [(\sum_{\Delta}^m)^4 - (\sum_{\Delta}^{m-1})^4] \right\}.$$

Demnach ist nach einigen Reductionen in unserem speciellen Falle:

$$\sum_0^1 \left(\frac{\mu}{t} \right) = \frac{q l^3}{24} \left\{ \frac{1}{t_1} + \left(\frac{1}{t_2} - \frac{1}{t_1} \right) \left[1 - 6 \left(\frac{\Delta_1}{l} \right)^2 + 4 \left(\frac{\Delta_1}{l} \right)^3 \right] \right\}.$$

Für $\sum_0^x \left(\frac{\mu}{t} \right) = \sum_0^{\frac{1}{2}} \left(\frac{\mu}{t} \right)$ ist allgemein:

$$\mu_m = \frac{q}{2} \int_{\xi=\sum_{\Delta}^{m-1}}^{\xi=\sum_{\Delta}^m} (l \xi - \xi^2) \left(\frac{l}{2} - \xi \right) d\xi = \frac{q}{8} \left\{ l^2 [(\sum_{\Delta}^m)^2 - (\sum_{\Delta}^{m-1})^2] - 2 l [(\sum_{\Delta}^m)^3 - (\sum_{\Delta}^{m-1})^3] + (\sum_{\Delta}^m)^4 - (\sum_{\Delta}^{m-1})^4 \right\}$$

und daher:

$$\sum_0^{\frac{1}{2}} \left(\frac{\mu}{t} \right) = \frac{q l^3}{8} \left\{ \frac{1}{16 t_2} + \left(\frac{1}{t_2} - \frac{1}{t_1} \right) \left[- \left(\frac{\Delta_1}{l} \right)^2 + 2 \left(\frac{\Delta_1}{l} \right)^3 - \left(\frac{\Delta_1}{l} \right)^4 \right] \right\},$$

also:

$$\begin{aligned} y_{\frac{1}{2}} &= \frac{q l^3}{E} \left\{ \frac{1}{48} \left[\frac{1}{t_1} + \left(\frac{1}{t_2} - \frac{1}{t_1} \right) \left(1 - 6 \left(\frac{\Delta_1}{l} \right)^2 + 4 \left(\frac{\Delta_1}{l} \right)^3 \right) \right] - \frac{1}{8} \left[\frac{1}{16 t_2} + \left(\frac{1}{t_2} - \frac{1}{t_1} \right) \left(- \left(\frac{\Delta_1}{l} \right)^2 + 2 \left(\frac{\Delta_1}{l} \right)^3 - \left(\frac{\Delta_1}{l} \right)^4 \right) \right] \right\}, \\ y_{\frac{1}{2}} &= \frac{5}{384} \frac{q l^3}{E t_2} + \frac{q l^3}{24 E} \left[4 \left(\frac{\Delta_1}{l} \right)^3 - 3 \left(\frac{\Delta_1}{l} \right)^4 \right] \left(\frac{1}{t_1} - \frac{1}{t_2} \right). \end{aligned}$$

(Schluss folgt.)

sich ergeben, wenn beachtet wird, dass hier die Momentencurve eine Gerade, und die Momentenfläche die Fläche eines rechtwinkligen Dreiecks, dessen horizontale und verticale Cathete l , beziehungsweise M_1 ist, und weiters die positive Richtung der Abscissen von der rechten Endstütze aus nach links genommen sind. — Es ergibt sich alsdann:

$$y'_{x_1} = -\frac{q l^3}{96 E t} \left[\left(\frac{x'}{l} \right) - \left(\frac{x'}{l} \right)^3 \right].$$

5. Ein auf zwei Stützen frei aufruhender Stab mit stufenweise veränderlichen Querschnitten, wie in Fig. 5 dargestellt, hat eine gleichmässig vertheilte Belastung q per Längeneinheit zu tragen; es fragt sich nach der Grösse der Durchbiegung in der Stabmitte.

Die Gleichung der Momentencurve ist:

$$M_{\xi} = \frac{q}{2} (l \xi - \xi^2);$$

das statische Moment der Momentenfläche φ_m in Bezug zur rechten Stützenverticalen ist allgemein:

Der Bau des Sill-Tunnels an der Brennerbahn.

Von

A. Doppler, Ingenieur.

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 6.)

Unmittelbar vor dem Marktflecken Matrey übersetzt die Trace der Brennerbahn in kurzer Folge zweimal die Sill, welche an dieser Stelle in einer scharfen Krümmung einen vom Gebirgshange des linken Ufers vorgeschobenen Felskopf umströmt.

Von Innsbruck aus steigt die Bahntrace, sich an der Lehne des rechten Sill-Ufers hinziehend, mit 25^{mm} auf 1^m an, übersetzt bei a , Fig. 1 und 2, den Fluss in einer Höhe von 33^m über

der Thalsole, durchfährt den Matreyer Schlossberg mittelst eines kurzen Tunnels, um bei b zum zweiten Male die Richtung der Sill in einer Höhe von 10^m zu kreuzen.

Der Höhenunterschied der Thalsoleen in a und b , deren Entfernung in der Bahnaxe gemessen 300^m, in der Flussmitte jedoch 530^m beträgt, beläuft sich auf 30.5^m, was einem mittleren Flussgefälle zwischen a und b von 57.5^{mm} auf 1^m entspricht.

Im Allgemeinen war man bei dem Baue der Brennerbahn bestrebt, Viaducte und hohe Brücken zu vermeiden und die Thalübersetzungen durch Dammbauten zu bewirken, indem man unter den Dämmen für die Wasserläufe Durchlässe von möglichst geringer lichter Höhe schuf oder auch die Seitenthäler bis nahezu

in die Höhe des Bahniveau's ausfüllte, den Wasserlauf aber über diese Anschüttungen gegen einen Durchlass führte, welcher in der Nähe des Dammanfanges in geringer Tiefe unter der Schwellenhöhe angeordnet war. Wo die Verhältnisse es passend erscheinen liessen, wurde statt eines Durchlasses unter der Damme ein Tunnel in der Lehne des Thalgehanges angeordnet.

Zur Zuleitung und Ableitung des Wassers zu und von den Durchlässen wurden gemauerte oder auch hölzerne Rinnen hergestellt; letztere kamen auf angeschüttetem oder zur Rutschung geneigtem Grunde zur Anwendung.

Diesbezüglich verweise ich auf die „Instructionen über die Bauausführung der Brennerbahn, zusammengestellt von der Bau-Inspection Innsbruck 1864—65“, in welchen die Grundsätze für die Anordnung der Brücken, Durchlässe und Bach-Tunnels entwickelt sind.

Bei der Projectirung der in Rede stehenden Bahnstrecke ging man den aufgestellten Grundsätzen gemäss vor. Demnach beabsichtigte man die bei *a* und *b* nothwendigen Thalübergänge durch Dammbauten zu bewirken, für den Fluss jedoch einen Tunnel nach der Linie *c d*, Fig. 1, und für den Pfonserbach einen Tunnel nach der Linie *e f* herzustellen.

Der Tunnel für die Sill sollte an seinem Eingange im Niveau der Flusssohle liegen, ein Gefälle von 50^{mm} auf 1^m in der Richtung seiner Axe erhalten und nach den Querprofilen Fig. 11, 12 und 13 gestaltet werden.

Da nun der Auslauf des so projectirten Tunnels 25^m über dem correspondirenden Punkte des Sill-Bettes lag, so waren Abstürze projectirt, welchen die Aufgabe zugewiesen war, die lebendige Kraft des Wassers vor seinem Eintritte in das alte Flussbett zu vermindern.

Für den Pfonserbach-Tunnel waren, der geringen Wassermenge entsprechend, die Querprofile Fig. 9 und 10 in Aussicht genommen.

Man baute bei diesem Projecte darauf, dass die Tunnels, insbesondere der Sill-Tunnel, in ein festes Gebirge zu liegen kämen, welches eine Ausmauerung in nur geringem Umfange erfordert hätte; für die Abstürze am Auslaufe aber rechnete man unter allen Umständen auf festen Felsen.

Vor Beginn des Baues wurden Sondirungsschächte bis auf das Niveau des Tunnels getrieben und das Gestein im Bereiche der projectirten Abstürze untersucht. Diese Untersuchungen fielen jedoch so ungünstig für dieses Project aus, dass man dasselbe sofort fallen liess und sich entschloss, das Project in der Art zu modificiren, dass man bei *b* die Herstellung einer segmentförmigen gewölbten Brücke von 19^m Spannweite in Aussicht nahm, bei *a* jedoch einen Damm und für die Sill, vereint mit dem Pfonserbach, einen Tunnel nach der Linie *e f* der Fig. 1 projectirte.

Der Tunnel war im Querprofil nach Fig. 11, 12 und 13 gestaltet und die concave Sohle mit einem 47·5^{cm} starken Pflaster aus unregelmässigen Bruchsteinen in hydraulischem Mörtel verkleidet.

An beiden Seiten des Profiles ordnete man Bermen an, welche das Begehen des Tunnels ermöglichen und bei nothwendigen Reparaturen die Aufstellung von Gerüsten gestatten sollten, und brachte ferner in passender Höhe der Widerlager eiserne Anhaltestangen an.

Für den Tunnel selbst war eine Länge von 102·07^m projectirt und an beiden Enden bis zum Anschlusse an das natür-

liche Flussbett Correctionen vorgesehen. Die Tunnelsohle erhielt in der Richtung der Axe ein Gefälle von 90^{mm} auf 1^m, während den Correctionen nur ein sehr geringes Gefälle gegeben wurde; sodann beabsichtigte man am Ein- und Auslaufe des Tunnels Abstürze herzustellen, um den Uebergang der gekrümmten Tunnelsohle zur ebenen Correctionssohle zu vermitteln. Fig. 3 bis 8 und 11 bis 13.

Die Terrain-Untersuchungen, welche auf Grundlage dieses Projectes vorgenommen wurden, liessen erwarten, dass die Profile Fig. 11 und 12 genügen würden, und die angestellten vergleichenden Kostenberechnungen ergaben eine bedeutende Ersparniss zu Gunsten des Tunnels gegenüber einer bei *a* herzustellenden Brücke. Man entschloss sich demnach zur Annahme dieses Projectes, beziehungsweise zur Ausführung eines Tunnels für die Sill und den Pfonserbach nach der Linie *e f*, Fig. 1.

Der Tunnel selbst schien nur einer leichten Mauerwerks-Verkleidung zu bedürfen, da das zu durchfahrende Gestein in der oberen Tunnelhälfte aus Serpentin, in der unteren aber aus Thonschieferfelsen bestand, während der über dem Sill-Tunnel gelegene Bahntunnel in seinem unteren Theile bei Station 42 einen weichen Sandstein, der somit den Serpentin des Sill-Tunnels überlagert, in seinem oberen Theile Thonschieferfelsen und Serpentin durchsetzt.

Es wurde nun der Bahntunnel und die Brücke bei *b* sofort in Angriff genommen, da vor Fertigstellung dieser Objecte mit dem Transporte des Einschnitts-Materiales von Station 51 bis 63 in den Damm bei *a* nicht begonnen werden konnte; gleichzeitig begann auch der Bau des Sill-Tunnels.

Ueber den Bau des Bahntunnels will ich nur bemerken, dass derselbe mittelst eines Sohlstollens, der auch durch die Voreinschnitte getrieben wurde, mit einer entsprechenden Anzahl von Aufbrüchen und einem Firststollen betrieben und das lichte Profil in Ringen von 6 bis 8^m Länge ausgebrochen und ausgemauert wurde.

Für die Bölzung wählte man das englische System, und es ging der Bau ohne jede Störung und rasch von Statten.

Auch über den Bau der gewölbten Sill-Brücke von 19^m Spannweite ist nur zu bemerken, dass derselbe keine Schwierigkeiten verursachte. Das rechte Widerlager wurde in geringer Tiefe unter dem Niederwasser auf einer festen Felsbank, das linke Widerlager auf einem zu Tage tretenden Felsen über Wasser fundirt.

Der Sill-Tunnel wurde nach dem für die meisten Tunnels der Strecke Innsbruck-Matrey adoptirten Systeme mittelst eines Sohlstollens von beiden Portalen aus betrieben.

Man legte denselben in das Niveau der Widerlager-Fundamente, und nachdem der Stollen genügend weit vorgetrieben war, ward mit den Aufbrüchen, dem Firststollen und mit dem Nachbruche des ganzen Profiles vorgegangen. Gleichzeitig wurden die Correctionen in Angriff genommen und rasch vollendet.

Nach Herstellung der ersten Ausbruchsringe zeigte sich aber, dass das Serpentinestein bei Zutritt der Luft allmähig seine Cohäsion verlor und sich in Theilchen auflöste, welche spiegelglatte, ebene Theilungsflächen zeigten.

Die verwitterten Serpentintheilchen rieselten nun durch die Ritzen der Verpfählung in das Innere des Tunnels, selbst in vollkommen trockenen Strecken, und erforderten ein sorgfältiges

Dichten der Verpfählung, um die Bildung von unzugänglichen Hohlräumen hintanzuhalten.

Da nun auch die Sandsteinmasse, welche auf dem Serpentin liegt, sich an einer Stelle bis auf 1^m dem Scheitel des Tunnelgewölbes nähert, durchdrang das Wasser, welches von dem porösen Sandstein leicht durchgelassen ward, nach Ausbruch des Tunnelprofils die schwache Serpentinsschichte und trat als mächtige Quelle im Tunnel auf. Bald zeigten sich auch in der unteren Hälfte des Tunnels, welche im Thonschiefer liegt, Verwitterungen, die den Bau auch an dieser Stelle viel schwieriger gestalteten, als man nach dem Ergebnisse der Sondirungen annahm.

Die Verwitterungen waren ähnlicher Art wie beim Mühlthaler Tunnel*), nur trat beim Sill-Tunnel kein Gebirgsschub in der Richtung senkrecht zur Tunnelaxe auf, hingegen erfolgte eine Rutschung über dem Tunnelauslaufe, welche eine Verschüttung des Sohlstollens herbeiführte.

Alle diese sich während des Baues äusserst schwierig gestaltenden Verhältnisse hinderten keineswegs die consequente Durchführung des aufgestellten Projectes, sie zwangen nur stärkere Profile (Fig. 13 und 14) anzuwenden und nach Erforderniss mit Triebbau vorzugehen. Namentlich im Serpentin, der, wie erwähnt, durch die kleinsten Ritzen der Verpfählung rieselte, musste der vollständige systematische Triebbau zur Anwendung kommen, der sich mit dem englischen Systeme für die Ausrüstung sehr wohl vereinigen liess.

Nach Fertigstellung der Widerlager und des Gewölbes wurde das concave Sohlenpflaster, das Ein- und Auslaufportal, die Wehrbauten und der Anschluss an die Correction ausgeführt; die vorerwähnte Quelle wurde durch einen Einbruch in's Tunnel-Mauerwerk und entsprechende Stollenbauten gefasst und in regelrechter Weise in das Innere des Tunnels geleitet.

Die Förderung der gewonnenen Berge sowie der Baumaterialien erfolgte auf Rollbahnen im Sohlstollen, beziehungsweise im Niveau der Fundamente, bergauf durch Pferde, bergab durch das eigene Gewicht.

Wenn nun der Tunnelbau auch wegen des ausserordentlichen Druckes, der sich successive während des Baues einstellte, sowie wegen des Wasserandranges und des schwierigen Materialtransportes auf einem Gefälle von 9%, manches interessante Moment bot, so will ich mich doch auf die obigen Andeutungen beschränken, weil die zu überwindenden Schwierigkeiten keine aussergewöhnlichen und keine principiell neuen Hilfsmittel erforderten.

Nachdem alle Arbeiten so weit hergestellt waren, um dem Wasser einen ungehinderten Durchgang zu gestatten, zwang man die Sill durch Herstellung der Abdämmung nach *g h*, Fig. 1, ihren Lauf in die Correction und durch den Tunnel zu nehmen. Ihre Einleitung erfolgte bei mittlerem Wasserstande, so dass sowohl die Bermen der Correction wie jene im Tunnel begangen werden konnten, und es zeigte sich nun, dass der Fluss in der Einlaufs-Correction sich mit mässiger Geschwindigkeit bewegte, so dass ein Angriff auf die Steinwürfe und Pflasterungen der Uferböschungen nicht zu befürchten war. Im Inneren des Tunnels nahm jedoch das Wasser eine ausserordentliche Geschwindigkeit an, welche in der Axe

des Tunnels der bedeutenden Wassertiefe wegen grösser war als in der Nähe der Widerlager. Auch zeigte das Querprofil durch den Wasserlauf eine beträchtliche Erhebung in der Mitte, und in der Curve wurde das Wasser durch die Fliehkraft gegen das concave Widerlager gedrängt.

Am Einlaufe erfuhr das Wasser unterhalb des Wehres eine heftige Contraction (Fig. 18), weil die dem Rande zunächst gelegenen Wasserfäden, welche in der Correction sich parallel zur Axe bewegten, bei dem Uebergange auf die concave Tunnelsohle gegen die tiefste Stelle abfielen, wodurch ein Andrang des Wassers im Puncte *i* erfolgte.

Diese Contraction wiederholte sich, jedoch in geringerem Maasse, in den Puncten *k* und *l*.

Aus diesen bei verschiedenen Wasserständen beobachteten Erscheinungen konnte man schon schliessen, dass die Sohle sehr ungleichförmig in Anspruch genommen wurde, und dass es zweckmässiger gewesen wäre, die Tunnelsohle eben zu gestalten und die Abstürze, wie überhaupt jede Veranlassung zu einer plötzlichen Querschnittsveränderung des Wassers zu vermeiden.

Obwohl eine Abänderung der Tunnelsohle damals schon unvermeidlich schien, so entschloss man sich doch, den Damm bei *a* herzustellen, da einerseits der nahegerückte Vollendungstermin die ungesäumte Fertigstellung dieses Objectes gebot, anderseits durch die beiden Tunnelbermen die Anordnung eines provisorischen Holzgerinnes für die zeitweise Ableitung der Sill und die Trockenlegung der Tunnelsohle ermöglicht war, und man noch weitere Beobachtungen machen wollte, ehe man zur Reconstruction der Sohle schritt.

Ueberdies gebot es die Oekonomie, auf die Vollendung der Bahn zu warten, um sodann den südlich vom Brenner gewonnenen vorzüglichen Granit von Grastein verwenden zu können.

Der Damm bei *a*, mit einem Inhalte von circa 300.000^{kbm}, wurde mit Hilfe eines über das Thal gespannten, bis auf Schwellenhöhe reichenden Gerüsts in der Zeit von sechs Monaten angeschüttet. Kurz nach seiner Vollendung zeigte sich im Sill-Tunnel in der Nähe des unteren Portales ein Aufspritzen des Wassers, welches so rasch zunahm, dass schon nach wenigen Tagen die ganze Wassermasse des Flusses an dieser Stelle aus ihrem Gerinne gegen die Decke des Tunnels geschleudert wurde, so dass das Wasser schliesslich die halbe Höhe des Tunnels erreichte.

Es unterlag keinem Zweifel, dass eine Auswaschung der gepflasterten Sohle und wahrscheinlich auch des darunterliegenden Thonschieferfelsens erfolgt war, und dass diese Auskolkung so weit um sich greifen würde, bis derselben feste Felspartien eine Grenze setzten; jedoch war eine Untersuchung des Kolkes der ausserordentlichen Geschwindigkeit des Wassers wegen unmöglich.

So viel stand fest, dass mit den zu treffenden Schutzmassregeln nunmehr keine Zeit zu verlieren sei, da durch einen Einsturz des Tunnels für die Bahn ein ausserordentlicher Schaden erwachsen wäre.

Für den Markt Matrey und die oberhalb des Tunnels im Sillthale gelegenen Ländereien wäre bei einem etwaigen Tunnel-einsturz nichts zu fürchten gewesen, denn bei einem erfolgten Abschlusse des Tunnels wäre das Wasser bis zur Höhe des Dammes *a* gestiegen, sodann über den Damm gestürzt und hätte denselben rasch zerstört. Aber die in kurzer Zeit erfolgte Entleerung des hinter dem Damme entstandenen mächtigen Wasser-

*) Die Reconstruction des Mühlthaler Tunnels an der Brennerbahn. „Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines“, XXX. Jahrgang, III. Heft.

beckens hätte in der zwischen dem Sill-Tunnel und Innsbruck gelegenen Schlucht die zerstörenden Wirkungen eines bedeutenden, wenn auch rasch verlaufenden Hochwassers ausgeübt, welche der Bahn zur Last gefallen wären. Ueberdies hätte die Eröffnung der Bahn eine beträchtliche Verzögerung erfahren.

Es wurde nun zur Abwehr des Ereignisses zunächst ein Gerinne aus Holz für die Sill nach Fig. 21 hergestellt und auf die Tunnelbermen gelegt; in der Geraden wurde zwischen Rinnenboden und Berme eine Doppelschwelle, in der Curve auf der concaven Seite eine Kreuzlage von Schwellen angeordnet, um eine Ueberhöhung der entsprechenden Rinnenseite zu erzielen, welche nach den gemachten Erfahrungen nur zweckmässig sein konnte.

Der Boden der Rinne, aus vierkantig behauenen 24/24^{cm} starken, dicht aneinander gelegten Balken gebildet, war durch eine Lage von parallel zur Tunnelaxe befestigten 7.5^{cm} starken Dielen gegen den Angriff des Wassers geschützt.

Im Uebrigen ist die Construction der Rinne aus den Fig. 15, 21, 24 und 29 ersichtlich; dieselbe wurde in gleicher Weise vom Punkte *m*, Fig. 15, bis zum Punkte *n*, Fig. 29, und von da bis *o* in einer etwas modificirten Construction durchgeführt.

Während der Zeit, welche die Herstellung der Rinne in Anspruch nahm, machte man einen Versuch den Sohlenbruch durch alte Eisenbahnschienen zu versichern, welcher jedoch misslang.

Es wurden circa 20 Schienen mit Eisenstangen, welche durch die Bolzenlöcher geführt waren, zu einer elastischen Tafel verbunden und diese, durch zwei 4^{cm} starke Seile gegen das Abtreiben gesichert, über der gefährdeten Stelle versenkt. Bei der Berührung dieses eisernen Flosses mit dem Wasser wurde ersteres jedoch von der Strömung erfasst, die Seile, an denen es hing, abgerissen, um spurlos zu verschwinden.

Auch nach der später erfolgten Trockenlegung der Tunnelsohle wurden diese Schienen nicht mehr gefunden, so dass es zweifellos ist, dass dieselben vom Wasser durch den Tunnel in das natürliche Flussbett getrieben wurden und an einer ruhigeren Flussstelle liegen blieben.

Nach Fertigstellung der Rinne galt es nun das Wasser oberhalb des Absturzes, also im Niveau der oberen Wehrkante, Fig. 15, zu fassen und in die Rinne zu leiten.

Nach eingehenden Studien entschloss man sich zu folgendem Verfahren:

Es wurde ein bewegliches Rinnenstück *p q r m*, Fig. 15, von etwas geringerer Breite als das grosse Gerinne angefertigt und bei *m*, um eine horizontale Axe drehbar, auf einen vor dem Einlaufsportale aufgestellten Sprengwerksträger gelegt. Am anderen Ende des Rinnenstückes bei *r* waren im Boden fünf Muttern eingelagert, welche eine gleiche Anzahl schmiedeiserner Schraubenspindeln aufnahmen, deren untere Enden mit drehbaren Schuhen auf der Quaderschichte des Wehres aufsasssen, und welche an ihren oberen Enden durch aufgesteckte Arme gedreht werden konnten.

Durch das gleichzeitige Drehen der fünf Schraubenspindeln konnte man das bewegliche Rinnenstück nach Erforderniss bis zur Berührung mit der Wehrschnelle senken oder in die punctirte Lage (Fig. 15) heben.

Es ist klar, dass man im Stande war, durch allmäligen Senken einen beliebigen Theil des Wassers mit Vermeidung jedes gefährlichen Stosses in die Rinne zu leiten.

Der Boden des Rinnenstückes wurde mit alten Eisenbahnschienen armirt, die an den Kreuzungspuncten durch Haken-schrauben verbunden wurden. Fig. 16, 17, 23 und 31 zeigt diese Construction.

Nachdem nun Alles vorbereitet war, senkte man durch Drehung der fünf Schrauben das Rinnenstück bis seine Unterkante mit der Quaderschichte des Wehres in Berührung kam, alles Wasser seinen Weg durch das hölzerne Gerinne nahm und die Tunnelsohle vollständig trocken gelegt war.

Diese Arbeit ging ohne jede Störung vor sich und erforderte kaum eine Stunde Zeit.

Die Fugen und Ritzen, welche sich noch zwischen den Seitenwänden des beweglichen Rinnenstückes und denen des Wehres zeigten, waren leicht verdichtet.

Zur grösseren Sicherheit unterstützte man die Rinne noch durch Stempel, Fig. 21, welche nach Entfernung des Wassers von der gepflasterten Sohle rasch eingebracht und durch eingetriebene Keile, so verstemmt wurden, dass dieselben einen beträchtlichen Theil des Gewichtes der Holzrinne aufnahmen und auf das Pflaster übertrugen.

Nachdem man sich versichert hatte, dass das Holzgerinne vollkommen seine Aufgabe erfüllte, schritt man zur Untersuchung der Tunnelsohle.

Das Pflaster zeigte sich durchaus stark angegriffen, respective vom Flusssande abgeschliffen, in der Tunnelaxe war die Abnützung am grössten und nahm gegen die Widerlager zu ab.

Einzelne weichere Steine waren bis auf beträchtliche Tiefe abgeschliffen, während unmittelbar danebenliegende härtere Steine nur sehr wenig angegriffen waren. Auch die Mörtelfugen zeigten sich im Allgemeinen weniger angegriffen, als die benachbarten Steine.

An der Stelle, wo der Aufwurf stattgefunden hatte, fand sich die in Fig. 21 und 22 nach den Originalaufnahmen dargestellte Auskolkung unter dem Pflaster und hinter den Widerlagern.

Nach erfolgter Beseitigung des Wassers aus dem Kolke unterstützte man die Widerlager, sowie das unterwaschene Sohlenpflaster sofort provisorisch durch Holzstempel und mauerte den ganzen Hohlraum ungesäumt mit Mauerwerk in Cementmörtel aus.

Wie man aus Fig. 21 und 22 ersieht, schwebte das Tunnelmauerwerk und das Sohlenpflaster, auf welches ein Theil des Rinnengewichtes mittelst der Stempel übertragen war, stellenweise in der Luft, und es ist nur dem vorzüglichen Mörtel, welcher bei der Mauerung verwendet wurde, zu danken, dass die Tunnelverkleidung an dieser Stelle nicht einstürzte.

Nun schritt man ohne Zeitverlust an die Herstellung einer neuen Sohle, welche dem Angriffe des Wassers besser widerstehen sollte, als die ursprünglich ausgeführte.

Man beschloss statt des unregelmässigen Pflasters liegendes Quadermauerwerk mit vollkommenem Fugenschnitt herzustellen und nur den besten zur Verfügung stehenden Granit, welchen die Brüche von Grastein lieferten, zu verwenden.

Die Sohle wurde im Querprofile nach einer Geraden gestaltet, um das Wasser gleichförmig über dieselbe zu vertheilen; durch eine in der Mitte der Tunnelbreite angeordnete Steinrippe schuf man zwei Gerinne, welche durch eine Schützenvorrichtung, Fig. 26

und 27, bei niederem Wasserstande abwechselnd trocken gelegt werden können.

In der gekrümmten Tunnelstrecke wurde jede der beiden Sohlenhälften auf der concaven Seite nach den punctirten Linien der Fig. 19 erhöht.

Durch diese Anordnung der Sohle entfiel der Absturz am Einlaufe; jener am Auslaufe wurde durch eine sanft geneigte Fläche ersetzt.

Die Fig. 19, 26, 27, 28 und 30 zeigen das nach diesen Grundsätzen aufgestellte Project; die letzten beiden Figuren sind nur als beiläufige Skizzen zu betrachten.

Die Ausführung der Reconstruction erfolgte nun unter dem Holzgerinne ohne jede Schwierigkeit. Um die Arbeiten am Auslaufe und die Umgestaltung des Absturzes daselbst vornehmen zu können, verlängerte man das Holzgerinne in einer veränderten Richtung, wie dies aus Fig. 24 und 25 zu ersehen ist. Nach Vollendung der Arbeiten wurde das Wasser wieder durch Hebung des beweglichen Rinnenstückes mit Hilfe der fünf Schrauben über die Tunnelsohle geleitet, und nachdem man sich von der Solidität und Zweckmässigkeit der ausgeführten Arbeiten überzeugte, das Holzgerinne beseitigt und sein Materiale für eine allfällige spätere Wiederverwendung aufbewahrt.

Am Ende des Tunnelauslaufes fand allerdings ein bedeutender Angriff der Flusssohle, sowie des rechtsseitigen Ufers *s t*, Fig. 1, statt, welchem man durch Versenkung von Kettensteinwürfen zu begegnen suchte, da aber diese Arbeiten nicht den gewünschten Erfolg hatten, so suchte man unterhalb des Auslaufes ein Becken mit ruhigem Wasser durch Herstellung eines Wehres bei *u v*, Fig. 1, zu schaffen.

Nichtsdestoweniger fand jedoch immer noch eine heftige Strömung gegen die erwähnte Uferstrecke statt, welche eine Bewegung der darüberliegenden Lehne befürchten liess und Versicherungsarbeiten auf dieser Strecke erheischte, über welche ich jedoch nicht in der Lage bin Mittheilungen zu machen, da ich diese Arbeiten nicht aus eigener Anschauung kenne und mir keine Daten hierüber zur Verfügung stehen. Nur so viel habe ich erfahren, dass von allen Mitteln, welche zur Befestigung des Ufers *s t* versucht wurden, sich die Herstellung einer mit Holz verkleideten Mauer am besten bewährt haben soll.

Die Tunnelsohle selbst gibt in ihrem jetzigen Zustande zu keinen Befürchtungen Veranlassung. Wenn auch die Abnützung der Sohlenquader eine bedeutende ist, so kann man sich bei jedem kleinen Wasserstande durch Abschluss je eines Gerinnes von ihrem Zustande überzeugen und kleinere Ausbesserungen vornehmen; stellt sich jedoch die Nothwendigkeit einer umfassenderen Auswechslung heraus, so kann man durch Einlegen des Holzgerinnes die Sohle in kurzer Zeit trocken legen.

Zum Schlusse lasse ich einen annähernden Kostenanschlag des Sill-Tunnels folgen, welcher jedoch die Arbeiten für die Versicherung der Flussstrecke *s t u v*, Fig. 1, nicht umfasst, und auf absolute Genauigkeit desshalb keinen Anspruch machen kann, weil derselbe nicht auf Grundlage der definitiven Abrechnung verfasst wurde.

Auch bin ich nicht in der Lage, über die jährlichen laufenden Erhaltungskosten, sowie über die Kosten umfassenderer Auswechslungen, welche in der Zeit seines fast zehnjährigen Bestandes aufgelaufen sind, Angaben machen zu können.

Baukosten des Sill-Tunnels. Zwischen den Stirnen 102·07^m lang.

Gegenstand	Menge	Preis		Betrag		Summe	
		fl.	kr.	fl.	kr.	fl.	kr.
Kosten des Tunnels exclusive der Sohlen-Reconstruction.							
Erdarbeiten. Flusscorrection am Aus- und Einlauf, Aushub für die Steinwürfe daselbst Kub.-M.	22.190	0	74	16198	70		
Abböschung der Rutschung am Tunnelauslauf. Kub.-M.	84.005	0	76	63843	80		
Schlichten von Steinsätzen und Bearbeitung von Steinsatzböschungen, zusammen. ....	.	.	.	1070	00	81112	50
Stütz- und Futtermauern. Mörtelmauerwerk .....Kub.-M.	634	6	62	4197	08		
Deckschichten an Futtermauern Curr.-M.	57	2	37	135	00		
Bearbeitung der sichtbaren Mauerflächen Quadr.-M.	300	0	50	150	00	4482	08
Tunnelbau nach Abzug der Portale. Profil nach Fig. 13 Curr.-M.	79·5	790	00	62805	00		
Gewölbter Einschnitt am Einlauf nach Fig. 14 ....Curr.-M.	6·3	1106	00	6967	80		
Profil nach Fig. 14 am Auslaufe, bergmännisch herstellt. ....Curr.-M.	12·7	1896	00	24079	20	93852	00
Portale. Oestliches Portal, einfacher Ring ohne Stirnaufmauerung (demselben wurde, nachdem sich die Felswand nicht haltbar erwies, ein Tunnelring mit einem neuen Portale vorgesetzt).....St.	1	2500	00	2500	00		
Portal am Einlauf nach Fig. 5 und 8 .....St.	1	6000	00	6000	00		
Portal am Auslauf nach Fig. 3 und 4.....St.	1	6000	00	6000	00	14500	00
(Alle Tunnelportale haben eine Länge von 1·36 ^m in der Tunnelaxe gemessen und die gezahlten Pauschalbeträge umfassen alle Mauer- u. Mineurarbeiten, welche im Bereiche dieser Strecke im Sinne der Pläne auszuführen waren.)							
Ueberfallwehre am Ein- und Auslaufe. Pflaster in Mörtel 47 ^{cm} stark.....Kub.-M.	158·5	7	26	1150	71		
Pflaster in Sand 47 ^{cm} stark " " Mörtelmauerwerk, ordinär., lagerhaftes u. geschichtetes Kub.-M.	38·0	4	41	167	58		
Quader der Sohle, der Treppen u. s. w. Kub.-M.	510·0	7	00	3570	00		
Entschädigung für das durch die Rutschung am Auslaufe beschädigte und wiederhergestellte Gemäuer.	75·0	62	00	4650	00		
Uferschutzbauten. Steinwürfe unter dem Auslaufe des Sill-Tunnels. Kub.-M.	3·170	1	90	6023	00		
Steinwürfe in der Sill-Correction Kub.-M.	793	0	95	783	25		
Bearbeitung der sichtbaren Steinwurfflächen. Quadr.-M.	2500	0	16	400	00		
Pflaster in Sand 47 ^{cm} stark Kub.-M.	127	4	41	560	07	7766	32
Fürtrag...						212251	19

Gegenstand	Menge	Preis		Betrag		Summe	
		fl.	kr.	fl.	kr.	fl.	kr.
Uebertrag...						212251	19
Pflanzungen und Flechtwerke zum Schutze der Böschungen zusammen .....	.	.	.	2448	00	2448	00
Kosten des Tunnels exclusive der Sohlen-Reconstruction.....	.	.	.	.	.	214699	19
Kosten der Sohlen-Reconstruction.							
Holzrinne im Tunnel sammt dem beweglichen Rinnenstücke beim Einlaufe, Verlängerung der Rinne am Auslaufe, inclusive aller zur Einleitung der Sill in das Gerinne erforderlichen Arbeiten, Instandhaltung des Gerinnes, Abtragen desselben und Aufstaplung seiner Theile nach Angabe der Bauleitung. Das Gerinne bleibt Eigenthum der Eisenbahngesellschaft .....	.	.	.	18260	00	18260	00
Erdarbeiten. Anshub und Baggerung am Auslaufe, Abbruch unnöthig gewordenen Mauerwerkes zusammen .....	.	.	.	890	00	890	00
Maurer- und Steinmetzarbeiten.							
Aumauerung des Sohlenbruches im Innern des Tunnels, Reparatur des beschädigten Pflasters .....	.	.	.	3750	00		
Béton	80	18	92	1513	60		
Unregelmässiges Mauerwerk „	240	12	61	3026	40		
Quadermauerwerk aus Grasteiner Granit. Kub.-M.	760.8	77	73	59136	98	67426	98
Steinwürfe aus Grasteiner Granit, jeder Stein mit mindestens 0.7 ^{km} Inhalt.....Kub.-M.	670.0	15	77	10565	90	10565	90
Eisenarbeiten, Schraubenspindeln, Klammern, Ketten für die Kettensteinwürfe etc. zusammen	.	.	.	4459	00	4459	00
Kosten der Sohlen-Reconstruction.....	.	.	.	.	.	101601	88

Nach diesem Kostenanschlage betragen die Kosten des Tunnels exclusive der Sohlen-Reconstruction . . fl. 214,699.19

Die Kosten der Sohlen-Reconstruction . . „ 101.601.88

somit die Gesamtkosten des Sill-Tunnels . . . fl. 316.301.07

Eingesendet.

Geehrter Herr Redacteur!

Ich erlaube mir an Sie das Ersuchen zu stellen, folgende Berichtigung in die nächst erscheinende Nummer der „Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines“ gefälligst aufzunehmen:

In Nr. XII (1878) des XXX. Jahrganges dieser Zeitschrift macht Herr F. R. Engel, Ingenieur der österreichischen Nordwestbahn am Schlusse seiner Abhandlung über die continuirlichen Bremsen von Westinghouse und Smith die Bemerkung, dass bei den letzten vergleichenden Versuchen in England mit der Westinghouse- und der Hardy'schen Bremse die angewendete Bremskraft nicht die gleiche war. Es heisst dort:

„Ohne einer gründlichen Erörterung etwa vorgreifen zu wollen und ohne im mindesten die principielle Verbesserung durch Hardy in Abrede zu stellen, muss doch constatirt werden, dass, obwohl die Anzahl der Wagen, sowie das Totalgewicht beider Züge einander gleich waren, ein Unterschied insoferne bestand, als die am Westinghouse-Zuge bei 80 Pfund Luftdruck auf Maschine und Tender ausgeübte Bremskraft geringer als bei der Vacuum-Bremse war.

Es betragen:

	Westinghouse	Hardy
Gewicht von Maschine und Tender zusammen .	45 Ton.	53 Ton.
Bremskraft von Maschine und Tender zusammen	33 „	68 „

Es ergibt sich somit eine Differenz zu Ungunsten Westinghouse's von mindestens 20 Tonnen an vorhandener Bremskraft für die Maschine allein und von circa $\frac{1}{3}$ für den ganzen Zug.“

Obwohl mir die Zusammensetzung beider hier in Rede stehender Züge genau bekannt war, so habe ich mich in Folge der obigen Bemerkungen, die sich wahrscheinlich auf die unrichtigen Angaben im „Engineer“ vom 1. November 1878 basiren, an die competentesten Stellen in dieser Angelegenheit nach England gewendet und von dort folgende authentische Daten erhalten, welche mit den von mir zuerst aus England erhaltenen vollkommen übereinstimmen.

	Westinghouse	Hardy
Gewicht von Maschine und Tender zusammen	57 Ton. 6 Cnt. 3 Qurl.	65 Ton. 7 Cnt. 1 Qurl.
Totales Gewicht des Zuges . . .	174 „ 2 „ 2 „	179 „ 11 „ 3 „
Bremskraft von Maschine und Tender zusammen	40 „ 0 „ 0 „	40 „ 0 „ 0 „
Bremskraft an den Wagen bei beiden Zügen	100%.	

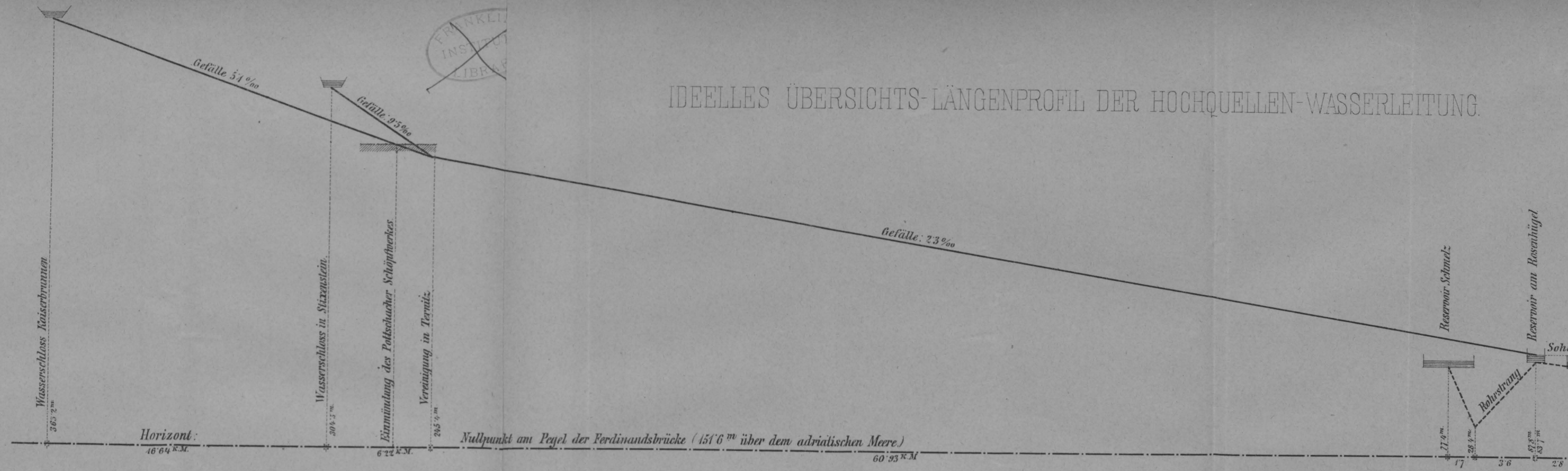
Aus diesen, wie gesagt, authentischen Daten ergibt sich, dass die Verhältnisse bei der Vacuum-Bremse insoferne ungünstiger waren, als das Gewicht des mit derselben ausgerüsteten Zuges um 5 Tonnen und rücksichtlich des angewendeten gleichen Bremsdruckes um 8 Tonnen mehr betrug, was bei den vorgekommenen Geschwindigkeiten von 93^{km} per Stunde und in Anbetracht des Umstandes, als es eben vergleichende Versuchsfahrten waren, von denen hier die Rede ist, jedenfalls nur zu Gunsten der Vacuum-Bremse in die Waagschale fällt.

J. Hardy,
Director der Südbahn-Werkstätten in Wien.



IDEELLES ÜBERSICHTS-LÄNGENPROFIL DER HOCHQUELLEN-WASSERLEITUNG.

Höhen: 1: 28,800
Längen: 1: 200,000.



Wasser-Lieferung der Kaiser-Franz-Josef-Hochquellenleitung.



